

# RÉSIDUS DE PRODUITS PHYTOSANITAIRES DANS LES EAUX SOUTERRAINES

## CHIFFRES ET FAITS DE L'OBSERVATION NATIONALE DES EAUX SOUTERRAINES NAQUA

Les résidus de produits phytosanitaires comptent parmi les polluants organiques les plus fréquemment recensés dans les eaux souterraines. Si les substances actives de produits phytosanitaires dépassent rarement l'exigence chiffrée de l'ordonnance sur la protection des eaux (0,1 µg/l), certains de leurs métabolites s'observent à grande échelle et à des concentrations nettement supérieures. C'est ce que révèlent les analyses de l'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA.

Miriam Reinhardt\*; Ronald Kozel, Office fédéral de l'environnement (OFEV), division Hydrologie  
Anke Hofacker; Christian Leu, Office fédéral de l'environnement (OFEV), division Eaux

### ZUSAMMENFASSUNG

#### MONITORING VON PSM-RÜCKSTÄNDEN IM GRUNDWASSER – ZAHLEN UND FAKTEN DER NATIONALEN GRUNDWASSERBEOBACHTUNG NAQUA

Seit Beginn der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA im Jahr 2002 wird das Grundwasser landesweit systematisch auf Rückstände von Pflanzenschutzmitteln (PSM) untersucht. Während in den Anfangsjahren hauptsächlich PSM-Wirkstoffe analysiert wurden, sind mittlerweile vermehrt PSM-Metaboliten in den Fokus gerückt. Aktuell überschreiten PSM-Wirkstoffe sowie die im Zulassungsverfahren als relevant eingestuften PSM-Metaboliten die numerische Anforderung der Gewässerschutzverordnung (GSchV) von 0,1 µg/l an rund 2% der Messstellen. Verantwortlich für diese Überschreitungen sind v. a. die Wirkstoffe Bentazon und Atrazin, das nicht mehr zugelassen ist, sowie dessen Metabolit Desethyl-Atrazin. Sehr viel häufiger und in deutlich höheren Konzentration treten verschiedene im Zulassungsverfahren als nicht relevant eingestufte PSM-Metaboliten auf. An insgesamt fast 20% der Messstellen wurden solche Metaboliten, die von insgesamt 5 verschiedenen PSM-Wirkstoffen stammen, in Konzentration von mehr als 0,1 µg/l nachgewiesen. Mit Abstand am häufigsten trat Desphenyl-Chloridazon im Grundwasser auf, ein Metabolit des Wirkstoffes Chloridazon, der hauptsächlich im Rübenanbau eingesetzt wird. Danach folgt mit Metolachlor-ESA ein Metabolit des Herbizids (S-)Metolachlor, das unter anderem beim Anbau

### CONTEXTE

Les eaux souterraines constituent la principale ressource en eau potable de Suisse. Plus de 80% de l'eau potable sont en effet captés dans les eaux souterraines. Pour préserver cette ressource à long terme, il importe d'observer avec attention la qualité de ces eaux et d'éviter l'apport de substances de synthèse persistantes. Certains produits phytosanitaires sont des substances de synthèse persistantes. Ces substances biologiquement actives protègent les plantes d'organismes nuisibles ou détruisent les végétaux indésirables. Plus de 2000 tonnes de produits phytosanitaires sont vendues en Suisse chaque année [1]. Ces produits étant utilisés à grande échelle, notamment sur les terres agricoles – soit directement dans l'environnement –, le risque que des résidus parviennent dans les eaux souterraines est accru. C'est la raison pour laquelle les produits phytosanitaires ont dès le début été intégrés dans l'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA [2], mise en place en 2002 par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), en collaboration étroite avec les services cantonaux compétents. NAQUA permet d'identifier précocement les problèmes, de déterminer les besoins d'action et d'évaluer les mesures mises en œuvre pour protéger les ressources en eaux souterraines. Le module SPEZ, qui détermine

\* Contact: miriam.reinhardt@bafu.admin.ch

l'état actuel et l'évolution de la qualité des eaux souterraines au niveau national et de manière représentative, se concentre sur les contaminants et les substances étrangères. Le module TREND dresse lui une vue d'ensemble des processus et des systèmes et collecte en outre des paramètres supplémentaires avant tout géogéniques (conductivité électrique, calcium, sulfates, etc.). Les stations de mesure NAQUA couvrent les différentes régions et conditions hydrogéologiques de la Suisse, ainsi que les influences anthropogènes répertoriées à travers l'utilisation des sols dans le bassin d'alimentation.

L'évolution de la gamme de produits phytosanitaires utilisés constitue un défi de taille pour le monitoring des résidus de produits phytosanitaires dans les eaux souterraines. Selon l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG), 55 nouvelles substances chimiques ont reçu une autorisation de mise sur le marché entre 2006 et 2015. Sur la même période, 71 «anciennes» substances actives en ont été retirées ou se sont vu retirer leur homologation. L'Ordonnance sur les produits phytosanitaires (OPPh; [3]) référence actuellement près de 300 substances actives autorisées. Évaluer la qualité des eaux souterraines implique de considérer non seulement les substances actives de produits phytosanitaires, mais aussi leurs nombreux produits de dégradation, de réaction et de transformation. Ces substances, regroupées sous le terme de «métabolites», sont issues de la dégradation de produits phytosanitaires sous l'effet de réactions biotiques ou abiotiques. Elles peuvent se former dans les organismes végétaux et animaux, ou directement dans l'environnement. Dans les eaux souterraines, les résidus de produits phytosanitaires s'observent par conséquent sous la forme de substances actives comme sous la forme de métabolites.

Le présent article vise à (i) décrire l'évolution du monitoring des résidus de produits phytosanitaires dans le cadre de l'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA, (ii) informer de la contamination des eaux souterraines suisses par les résidus de produits phytosanitaires sur la base des données du monitoring de 2014 et (iii) comparer la situation avec celle observée dans les pays voisins.

## PESTICIDES SOUS L'ŒIL DE NAQUA

### PRIORISATION ET CHOIX DES SUBSTANCES

Toutes les substances recherchées régulièrement, à savoir au moins une fois par an, dans le cadre du monitoring à long terme de l'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA font l'objet chaque année d'une évaluation systématique. Cette évaluation s'appuie sur les données de l'année précédente et les recommandations du groupe de travail «Paramètres de l'Observation nationale des eaux souterraines» ainsi que sur les derniers résultats scientifiques. Ce groupe de travail réunit des représentants de l'OFEV et des services cantonaux de la protection des eaux, des inspecteurs de la qualité de l'eau potable, des représentants de l'OFAG, de l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV) et de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP), des membres de la Société Suisse de l'Industrie du Gaz et des Eaux (SSIGE), de la recherche environnementale ainsi que des représentants de l'industrie chimique, qui fournissent, par leurs connaissances, une large assise au monitoring.

Le choix des produits phytosanitaires pour le monitoring à long terme se fonde sur les prévisions de lessivage des substances

actives et des métabolites de produits phytosanitaires dans les eaux souterraines. Les données expérimentales sur la mobilité (sorption) et la dégradation (demi-vies) des substances actives des produits phytosanitaires [4], ainsi que les modélisations réalisées dans le cadre des procédures d'autorisation sont prises en compte. Une autre priorisation est effectuée sur la base des volumes de ventes de substances actives de produits phytosanitaires communiqués chaque année par l'OFAG [5].

La sélection des substances pour le monitoring à long terme s'appuie également sur les données collectées dans le cadre d'études pilotes ayant pour objet l'identification précoce des substances pertinentes potentielles (polluants émergents) aux stations de mesure NAQUA sélectionnées. Ces études, limitées dans le temps, se concentrent sur de «nouvelles» substances ou de «nouveaux» groupes de substances, et reposent sur les conclusions et les méthodes scientifiques les plus récentes. Les données disponibles de la surveillance cantonale des eaux souterraines et de la surveillance des eaux souterraines des pays voisins sont également prises en considération.

Cette procédure fondée sur plusieurs piliers (connaissances des spécialistes, prévisions, données de monitoring) permet de réagir rapidement aux nouvelles découvertes et garantit que les résidus de produits phytosanitaires pertinents pour les eaux souterraines sont considérés selon l'état actuel des connaissances. Dans la pratique, l'intégration dans le monitoring à long terme de substances observées dans les eaux souterraines dépend également des équipements d'analyse et des moyens financiers dont disposent les laboratoires participant à NAQUA. L'analytique a rapidement évolué au cours des 10-15 dernières années. Elle couvre désormais, au moyen de méthodes plus performantes et automatisées, un vaste spectre de substances avec des limites de quantification plus basses, ce qui permet

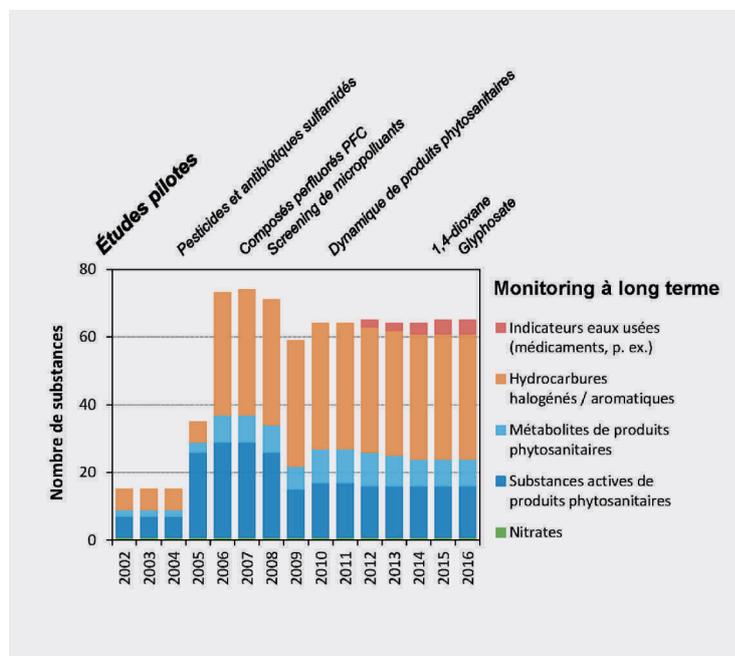


Fig. 1 Développement du monitoring représentatif de 2002–2016 ainsi que des études pilotes de l'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA visant des substances organiques.

Entwicklung des landesweit repräsentativen Langzeitmonitorings von 2002 bis 2016 sowie Pilotstudien der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA zu organischen Spurenstoffen.

une meilleure représentation de la réalité. C'est pourquoi on est aujourd'hui en mesure d'analyser beaucoup plus de substances actives et de métabolites de produits phytosanitaires qu'au début de NAQUA (fig. 1).

À l'inverse, les résidus de produits phytosanitaires qui ne sont plus observés dans les eaux souterraines sont retirés du monitoring à long terme. L'intégration d'une substance dans NAQUA et la durée de son analyse dépendent en premier lieu de la détec-

PRODUITS PHYTOSANITAIRES	MONITORING								INFORMATIONS	
	Monitoring à long terme		Résultats 2014						Substances actives de produits phytosanitaires	
	Début	Fin	Nombre de stations de mesure NAQUA					Levée de l'autorisation	Quantités utilisées 2014	
			Échantillonées	≥ LQ	>0,1 µg/l	>0,3 µg/l	>0,5 µg/l			>1 µg/l
<b>SUBSTANCES ACTIVES</b>										
<b>Données représentatives disponibles au niveau national</b>										
2,4-D	2005	2009	530	-	-	-	-	-	-	1-10 t
Atrazine	2002		530	145	<b>3</b>	-	-	-	2007	30-50 t (2007)
Bentazone	2006		530	25	<b>4</b>	-	-	-		1-10 t
Chloridazone	2010		530	1	-	-	-	-		1-10 t
Chlortoluron	2005		530	5	-	-	-	-		1-10 t
Cyanazine	2005		530	-	-	-	-	-	2008	<1 t (2008)
Dichlorprop(-P)	2005	2009	530	1	-	-	-	-		n/a
Diuron	2002		530	10	-	-	-	-		1-10 t
Isoproturon	2002		530	6	-	-	-	-		10-30 t
MCPA	2005		530	4	-	-	-	-		10-30 t
Mecoprop(-P)	2005		530	8	<b>1</b>	-	-	-		10-30 t
Métamitron	2005	2008	530	7	-	-	-	-		50-100 t
Métazachlore	2005		530	1	<b>1</b>	-	-	-		1-10 t
(S-)métochlor	2005		530	32	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	-		30-50 t
Propazine	2005		530	1	-	-	-	-	-	-
Simazine	2002		530	68	-	-	-	-	2007	1-10 t (2007)
Terbutylazine	2002		530	36	-	-	-	-		10-30 t
Terbutryne	2005		530	3	-	-	-	-	2008	<1 t (2005)
<b>Données représentatives non disponibles au niveau national</b>										
Alachlore	2005	2008	341	-	-	-	-	-	2010	<1 t (2010)
Aldicarbe	2005	2008	72	-	-	-	-	-		n/a
Bromacil	2005		233	-	-	-	-	-	n/a	n/a
Diazinon	(2009)		491	3	-	-	-	-	2011	10-30 t (2011)
Dichlobénil	2006	(2008)	116	-	-	-	-	-	2013	1-10 t (2013)
Diméthachlore	-		272	-	-	-	-	-		1-10 t
Diméthénamide(-P)	-		341	-	-	-	-	-		1-10 t
Dinosébe	2005	2007	105	-	-	-	-	-	n/a	10-30 t (2002)
Glyphosate	2005	2008	-	-	-	-	-	-		>100 t
Hexazinone	2005	2007	290	-	-	-	-	-	n/a	n/a
Mésotrione	2006	2008	222	-	-	-	-	-		1-10 t
Propachlore	-		339	-	-	-	-	-	2011	1-10 t (2011)
Sulcotrione	2006	2008	222	-	-	-	-	-		<1 t
Tébutame	2005	2008	133	-	-	-	-	-	2005	1-10 t (2003)
Tolyfluanide				-	-	-	-	-		

LQ Limite de quantification  
 (année) Substances dont l'analyse dans le monitoring à long terme n'a été que recommandée mais n'était / n'est pas obligatoire  
 n/a Aucune donnée (actuelle) disponible

Tab. 1 Produits phytosanitaires, substances actives et métabolites, dans les eaux souterraines en 2014, incluant les informations concernant le monitoring à long terme de ces substances depuis 2002, les informations quant à l'autorisation [3] et aux nombres de vente [5] des substances actives ainsi que le classement des métabolites dans le cadre de la procédure d'autorisation ([12]; OFAG/OSAV sur demande). Sont mentionnées les substances analysées de 2002 à 2014 dans le monitoring à long terme de l'Observation nationale des eaux souterraines ainsi que des substances reliées pour lesquelles des données représentatives ne sont pas disponibles. Ne sont pas mentionnées les substances actives étant détectées rarement et en concentrations inférieures à 0,1 µg/l en dehors du monitoring à long terme. La valeur maximale a été prise en compte pour chaque station de mesure NAQUA.

tion de cette substance dans les eaux souterraines. NAQUA vise à répertorier dans la mesure du possible toutes les substances de synthèse présentes dans les eaux souterraines qui en altèrent la qualité et de fournir ainsi des bases solides sur l'état et l'évolu-

tion de la qualité des eaux souterraines en Suisse. L'évaluation de la situation au regard de la législation sur la protection des eaux et la mise en œuvre de mesures adaptées s'effectuent au besoin sur la base de ces données.

PRODUITS PHYTOSANITAIRES		MONITORING							
		Monitoring à long terme		Résultats 2014					
		Début	Fin	Nombre de stations de mesure NAQUA					
				Échantillonées	≥ LQ	>0,1 µg/l	>0,3 µg/l	>0,5 µg/l	>1 µg/l
<b>MÉTABOLITES</b> <i>[substance active correspondante]</i>									
<b>- Jugés pertinents lors de la procédure d'autorisation</b>									
Données représentatives disponibles au niveau national									
Deséthyl-atrazine	<i>[atrazine]</i>	2002		530	177	<b>5</b>	-	-	-
Desisopropyl-atrazine	<i>[atrazine, simazine]</i>	2002		530	16	-	-	-	-
Propachlore-ESA	<i>[propachlore]</i>	2009	2013	529	-	-	-	-	-
Données représentatives non disponibles au niveau national									
Propachlore-OXA	<i>[propachlore]</i>	-		171	-	-	-	-	-
Deséthyl-terbuthylazine	<i>[terbuthylazine]</i>	-		174	3	-	-	-	-
<b>- Jugés non pertinents lors de la procédure d'autorisation</b>									
Données représentatives disponibles au niveau national									
Desphényl-chloridazone	<i>[chloridazone]</i>	2010		530	167	<b>84</b>	<b>33</b>	<b>22</b>	<b>8</b>
Méthyl-desphényl-chloridazone	<i>[chloridazone]</i>	2010		530	122	<b>24</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	-
2,6-dichlorobenzamide	<i>[dichlobénil, fluopicolide]</i>	2006		529	109	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
Diméthénamide-ESA	<i>[diméthénamide(-P)]</i>	2006		530	-	-	-	-	-
Métolachlore-ESA	<i>[[S-]métolachlore]</i>	2006		530	142	<b>29</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	-
Métolachlore-OXA	<i>[[S-]métolachlore]</i>	2006		530	39	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	-
Données représentatives non disponibles au niveau national									
Diméthachlore-ESA	<i>[diméthachlore]</i>	[2010]		96	1	<b>1</b>	<b>1</b>	-	-
Diméthachlore-OXA	<i>[diméthachlore]</i>	[2010]		96	1	<b>1</b>	-	-	-
Diméthénamide-OXA	<i>[diméthénamide(-P)]</i>	2006	2008	166	-	-	-	-	-
Desamino-métamitron	<i>[métamitron]</i>	-		69	-	-	-	-	-
Métazachlore-ESA	<i>[métazachlore]</i>	[2010]		362	13	<b>1</b>	-	-	-
Métazachlore-OXA	<i>[métazachlore]</i>	[2010]		323	9	<b>1</b>	-	-	-
2-hydroxy-terbuthylazine	<i>[terbuthylazine]</i>	-		91	-	-	-	-	-
<b>- Non évalués lors de la procédure d'autorisation</b>									
Données représentatives non disponibles au niveau national									
Alachlore-ESA	<i>[alachlore]</i>	[2010]		5	-	-	-	-	-
Alachlore-OXA	<i>[alachlore]</i>	[2010]		96	-	-	-	-	-
2-hydroxy-atrazine	<i>[atrazine]</i>	-		166	17	-	-	-	-
Monodesméthyl-diuron	<i>[diuron]</i>	-		166	-	-	-	-	-
AMPA	<i>[glyphosate]</i>	2005	2008	-	-	-	-	-	-
Monodesméthyl-isoproturon	<i>[isoproturon]</i>	-		166	-	-	-	-	-
2-hydroxy-propazine	<i>[propazine]</i>	-		91	1	-	-	-	-
N,N-diméthylsulfamide (DMS)	<i>[tolylfluamide, dichlofluamide]</i>	[2010]		206	17	<b>5</b>	<b>1</b>	-	-

Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe und -Metaboliten im Grundwasser 2014, einschliesslich Angaben zum landesweit repräsentativen Monitoring der einzelnen Substanzen seit 2002, zu Zulassung [3] und Einsatzmengen [5] der PSM-Wirkstoffe sowie zur Einstufung der PSM-Metaboliten im Rahmen des Zulassungsverfahrens ([12]; BLW/BLV auf Anfrage). Aufgeführt sind Substanzen, die von 2002 bis 2014 im landesweit repräsentativen Langzeitmonitoring der nationalen Grundwasserbeobachtung analysiert wurden, sowie direkt verwandte Substanzen, für die meist kein landesweit repräsentativer Datensatz vorliegt. Nicht aufgelistet sind PSM-Wirkstoffe, die ausserhalb des Langzeitmonitorings vereinzelt in Konzentrationen unter 0,1 µg/l aufgetreten sind. Berücksichtigt wurde jeweils der Maximalwert pro Messstelle.

### ÉVOLUTION DU MONITORING DEPUIS 2002

Lors des premiers relevés représentatifs au niveau national en 2002, le monitoring NAQUA concernait essentiellement les résidus de triazines (atrazine, déséthyl-atrazine, desisopropyl-atrazine, simazine, terbuthylazine) et les phenylurées diuron et isoproturon (*tab. 1*). Le choix de ces 7 substances se fondait à l'époque avant tout sur les données des services cantonaux et représentait le «plus petit dénominateur commun» au vu des possibilités d'analyse des laboratoires participants [6]. Une fois NAQUA consolidé et le monitoring rodé, le nombre de substances recherchées a été porté à 15 en 2005, sur la base des statistiques de ventes des produits phytosanitaires et des informations sur leur comportement dans l'environnement (*fig. 1*). Des substances actives de la famille des chloroacétanilides telles que le métolachlore ou le métazachlore ont ainsi été ajoutées. D'autres substances, comme le 2,6-dichlorobenzamide (métabolite du dichlobénil) ou le métolachlore-

ESA (métabolite du métolachlore), ont été intégrées au monitoring à long terme un an plus tard sur la base des résultats de l'étude pilote «Pesticides et antibiotiques sulfamidés» [7] menée en 2004 et 2005. Cette étude a été la première à s'intéresser à la présence de métabolites ESA et OXA de chloroacétanilides à certaines stations de mesure (*tab. 1*). L'analyse de ces substances polaires a été rendue possible par l'utilisation accrue de la chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse (LC-MS), qui s'est généralisée aux côtés de la chromatographie en phase gazeuse.

En 2008 et 2009, le monitoring est allégé: les substances qui se sont vu entretemps retirer leur homologation ou qui ne sont que très rarement observées dans les eaux souterraines sont supprimées du programme obligatoire (*fig. 1*). Parallèlement, le chloridazone (herbicide) et deux de ses métabolites rejoignent la liste en 2010, après avoir été mis en évidence en 2007 et 2008 dans le cadre de l'étude pi-

lote «Screening des micropolluants», qui a permis l'analyse du plus grand nombre de résidus de produits phytosanitaires jamais considéré (et de divers produits chimiques, parmi lesquels des médicaments). La nouvelle méthode d'analyse, plus performante [8, 9], a permis de rechercher de manière systématique dans les échantillons un vaste spectre de substances. Au total, près de 80 substances actives de produits phytosanitaires et plus de 50 de leurs métabolites ont été recherchés. Cette étude pilote a été limitée à 22 stations de mesure NAQUA subissant l'influence humaine. Les analyses, réalisées à l'Eawag, ont révélé la présence dans les eaux souterraines de 18 substances actives et de 18 métabolites de produits phytosanitaires (*tab. 2*). Si la plupart des substances actives détectées étaient déjà incluses dans le monitoring à long terme et faisaient l'objet d'analyses régulières sur le territoire national, la moitié environ des métabolites ont été détectés pour la première fois en 2007 et 2008 dans le cadre de NAQUA. La plupart des substances ne dépassaient pas le seuil de 0,1 µg/l ou étaient même présentes à des concentrations inférieures à 0,01 µg/l, exception faite du desphényl-chloridazone et du méthyl-desphényl-chloridazone (métabolites), qui ont alors été intégrés au monitoring à long terme.

Une étude pilote actuelle s'est concentrée en 2016 et 2017 sur le glyphosate, désherbant de loin le plus utilisé au monde (300 tonnes vendues chaque année en Suisse, [5]), et sur son métabolite AMPA. L'utilisation du glyphosate fait actuellement l'objet de nombreux débats en raison de la toxicité potentielle pour l'homme. Cette substance active n'a jusqu'ici pas été intégrée au monitoring à long terme NAQUA, dans la mesure où son analyse chimique est très délicate et où des résultats partiels de 2005 à 2008 et en 2010 et 2011 n'ont pas mis en évidence de besoin d'action pour les eaux souterraines. Les données de cette étude pilote seront disponibles d'ici la fin 2017.

### MONITORING DE 2014

Depuis 2014, l'Observation nationale des eaux souterraines implique l'analyse régulière de 15 substances actives et de 8 métabolites de produits phytosanitaires à toutes les stations de mesure NAQUA accessibles (*tab. 1*). La base de données de l'OFEV intègre par ailleurs les données des différentes études pilotes ainsi

SUBSTANCES DÉTECTÉES - Étude pilote «Screening des micropolluants» 2007/2008		
SUBSTANCES ACTIVES DE PRODUITS PHYTOSANITAIRES		
≤ 0.01 µg/l	0,01-0,10 µg/l	> 0.10 µg/l
Bentazone	Atrazine	
Chlortoluron	Asulam*	
Carbendazime	Chloridazone	
Diméthénamide	Métazachlore	
Isoproturon	Métolachlore	
Métalaxyl	Simazine	
Métribuzine	Terbuthylazine	
Propiconazole		
Prometone*		
Simetone*		
Terbuméton		
MÉTABOLITES DE PRODUITS PHYTOSANITAIRES		
≤ 0.01 µg/l	0,01-0,10 µg/l	> 0.10 µg/l
Desamino-métamitron*	2-hydroxy-atrazine	Deséthyl-atrazine
Desamino-métribuzine*	Deséthyl-2-hydroxy-atrazine	Desphényl-chloridazone*
2-hydroxy-simazine	Desisopropyl-atrazine	Méthyl-desphényl-chloridazone*
Deséthyl-2-hydroxy-terbuthylazine*	Diméthachlore-OXA*	2,6-dichlorobenzamide
	Métazachlore-ESA*	Métolachlore-ESA
	Métazachlore-OXA*	Métolachlore-OXA
	2-hydroxy-propazine*	
	Deséthyl-terbuthylazine	

\* Substances nouvellement détectées dans le cadre de NAQUA

Tab. 2 Produits phytosanitaires, substances actives et métabolites, détectés dans les eaux souterraines dans le cadre de l'étude pilote NAQUA «Screening des Micropolluants» 2007/2008.

Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe und -Metaboliten, die im Rahmen der NAQUA-Pilotstudie «Screening auf Mikroverunreinigungen» 2007/2008 im Grundwasser nachgewiesen wurden.

que des données sur d'autres résidus de produits phytosanitaires collectées par les laboratoires des services cantonaux ou les laboratoires sous contrat mandatisés par l'OFEV. Ces analyses se limitant à certaines stations de mesure, elles n'offrent pas de représentativité au niveau national. Au total, 19 laboratoires des services cantonaux et 2 laboratoires indépendants sous contrat sont impliqués dans le monitoring à long terme. Les limites de quantification ont été fixées à un maximum de 0,02 µg/l, soit 5 fois moins que les exigences chiffrées pour les pesticides (0,1 µg/l) dans l'Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux; [10]). À des fins d'assurance-qualité, des analyses comparatives sont réalisées chaque année entre les deux laboratoires sous contrat. Un contrôle de plausibilité des données est par ailleurs effectué.

La fréquence d'échantillonnage des stations de mesure NAQUA est déterminée en fonction de la charge connue et de la variabilité temporelle des concentrations de produits phytosanitaires. Les stations de mesure présentant des concentrations de produits phytosanitaires élevées ou variables font l'objet de davantage de prélèvements que les stations de mesure moins dynamiques. Chaque année, un ou deux échantillonnages sont réalisés à chacune des 495 stations de mesure du module SPEZ et 2 à 4 échantillonnages à chacune des 50 stations de mesure du module TREND.

Lorsque plusieurs valeurs de mesure sont disponibles pour une station, la valeur maximale pour l'année considérée est utilisée pour les analyses statistiques. Le présent article se concentre sur les données de l'année 2014, représentatives pour les années précédentes également. Toutes les données disponibles dans la base de données, à savoir à la fois les données du monitoring à long terme et celles transmises à l'OFEV par les services cantonaux et les laboratoires sous contrat, sont prises en compte.

## EXIGENCES LÉGALES

L'un des objectifs écologiques fixés dans l'OEaux pour les eaux souterraines est l'absence de substances de synthèse persistantes (annexe 1, ch. 2, al. 3, let. b, OEaux). L'Ordonnance fixe à 0,1 µg/l la limite pour les substances actives de produits phytosanitaires dans les eaux souterraines utilisées comme eau potable

PRODUITS PHYTOSANITAIRES	Exigences de l'OEaux (eaux souterraines)		Exigences de l'OPBD (eau potable)
	Annexe 1	Annexe 2	Annexe 2
<b>SUBSTANCES ACTIVES</b>	«pas de substances de synthèse persistantes»	0,1 µg/l	0,1 µg/l
<b>MÉTABOLITES</b>			
- jugés pertinents dans la procédure d'autorisation	«pas de substances de synthèse persistantes»	0,1 µg/l*	0,1 µg/l
- jugés non pertinents dans la procédure d'autorisation	«pas de substances de synthèse persistantes»	-	-
<b>TOTAL</b> Substances actives + métabolites pertinents	«pas de substances de synthèse persistantes»	0,5 µg/l*	0,5 µg/l
* selon renvoi à l'OPBD (annexe 2, ch. 22, al. 1, OEaux)			

Tab. 3 Exigences pour les eaux souterraines et l'eau potable en ce qui concerne les produits phytosanitaires organiques, substances actives et métabolites, selon l'Ordonnance sur la protection des eaux OEaux et l'Ordonnance du DFI sur l'eau potable et l'eau des installations de baignade et de douche accessible au public OPBD.

Anforderungen an Grund- und Trinkwasser bezüglich organischer Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe und -Metaboliten gemäss der Gewässerschutzverordnung GSchV und der Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen TBDV.

ou destinées à l'être (annexe 2, ch. 22, al. 2, no 11, OEaux). De plus, la qualité de l'eau doit être telle qu'après un procédé de traitement simple, l'eau respecte les exigences de la législation sur les denrées alimentaires (annexe 2, ch. 22, al. 1, OEaux) (tab. 3).

Concernant l'eau potable, l'Ordonnance du DFI sur l'eau potable et l'eau des installations de baignade et de douche accessibles au public (OPBD; [11]) prescrit une concentration maximale de 0,1 µg/l pour les substances actives de produits phytosanitaires (annexe 2 OPBD). Une valeur de 0,1 µg/l est également fixée pour les métabolites de produits phytosanitaires jugés pertinents lors de l'homologation des produits phytosanitaires au sens de l'OPPh (annexe 2 OPBD). La concentration totale de substances actives et de métabolites pertinents de produits phytosanitaires ne doit pas excéder 0,5 µg/l. L'OPBD ne contient pas d'exigences pour les métabolites considérés comme non pertinents dans le cadre de la procédure d'autorisation des produits phytosanitaires. Les résidus de produits phytosanitaires ne pouvant généralement pas être éliminés par un traitement simple des eaux souterraines, les valeurs maximales spécifiées dans l'OPBD valent également pour les eaux souterraines utilisées, bien que l'annexe 2 de l'OEaux n'indique pas de valeurs chiffrées pour les métabolites de produits phytosanitaires (annexe 2, ch. 22, al. 1, OEaux).

L'OPPh définit, à l'art. 3, al. 1, let. a à c, ce que l'on entend par métabolite pertinent:

«Un métabolite est jugé pertinent s'il y a lieu de présumer qu'il possède des propriétés intrinsèques comparables à celles de la substance mère en ce qui concerne son activité cible biologique, qu'il représente, pour les organismes, un risque plus élevé que la substance mère ou un risque comparable, ou qu'il possède certaines propriétés toxicologiques qui sont considérées comme inacceptables.» Cette pertinence est appréciée dans le cadre de l'autorisation des produits phytosanitaires uniquement pour les métabolites que l'on s'attend à trouver dans les eaux souterraines à des concentrations supérieures à 0,1 µg/l. L'effet pesticide de ces métabolites est évalué par le centre de compétences de la Confédération pour la recherche agricole Agroscope, les propriétés toxicologiques par l'OSAV. Les concentrations maximales dans le cadre de la procédure d'autorisation sont fixées à 0,1 µg/l pour les métabolites pertinents et à 10 µg/l pour les métabolites non pertinents. L'OFAG, Agroscope et l'OSAV ont établi à l'attention des services cantonaux une première vue d'ensemble des métabolites de produits phytosanitaires évalués dans le cadre de la procédure d'autorisation [12]. Des données sur le caractère pertinent ou non pertinent d'autres métabolites sont communiquées sur demande.

Pour permettre la comparabilité des analyses statistiques des différents résidus de produits phytosanitaires, les résultats pour tous les métabolites ont été mis en relation sur la base d'une concentration de 0,1 µg/l.

### RÉSULTATS NAQUA

Des résidus de produits phytosanitaires ont été détectés en 2014 à 56% des stations de mesure de l'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA. Au total, 24 substances actives et 15 métabolites de produits phytosanitaires ont été observés, soit autant que les années précédentes. L'exigence chiffrée de 0,1 µg/l spécifiée dans l'OEaux a été dépassée pour 5 subs-

tances actives. 11 métabolites (issus de 7 substances actives différentes) ont par ailleurs été observés dans les eaux souterraines dans des concentrations supérieures à 0,1 µg/l (tab. 1). Si les seuils prescrits par l'OEaux pour les substances actives de produits phytosanitaires n'ont été dépassés qu'à quelques stations de mesure, la plupart des métabolites ont été largement détectés en concentrations supérieures à 0,1 µg/l. Une concentration

supérieure à 1 µg/l n'a été observée que pour un seul métabolite. Il n'a été fait état de concentrations supérieures à 10 µg/l à aucune station de mesure.

Parmi les substances analysées sur l'ensemble des stations de mesure NAQUA, les substances suivantes ont été relevées en 2014 dans les eaux souterraines à des concentrations de plus de 0,1 µg/l: les substances actives atrazine, bentazone, mécoprop(-P), métazachlore et (S)-méto-

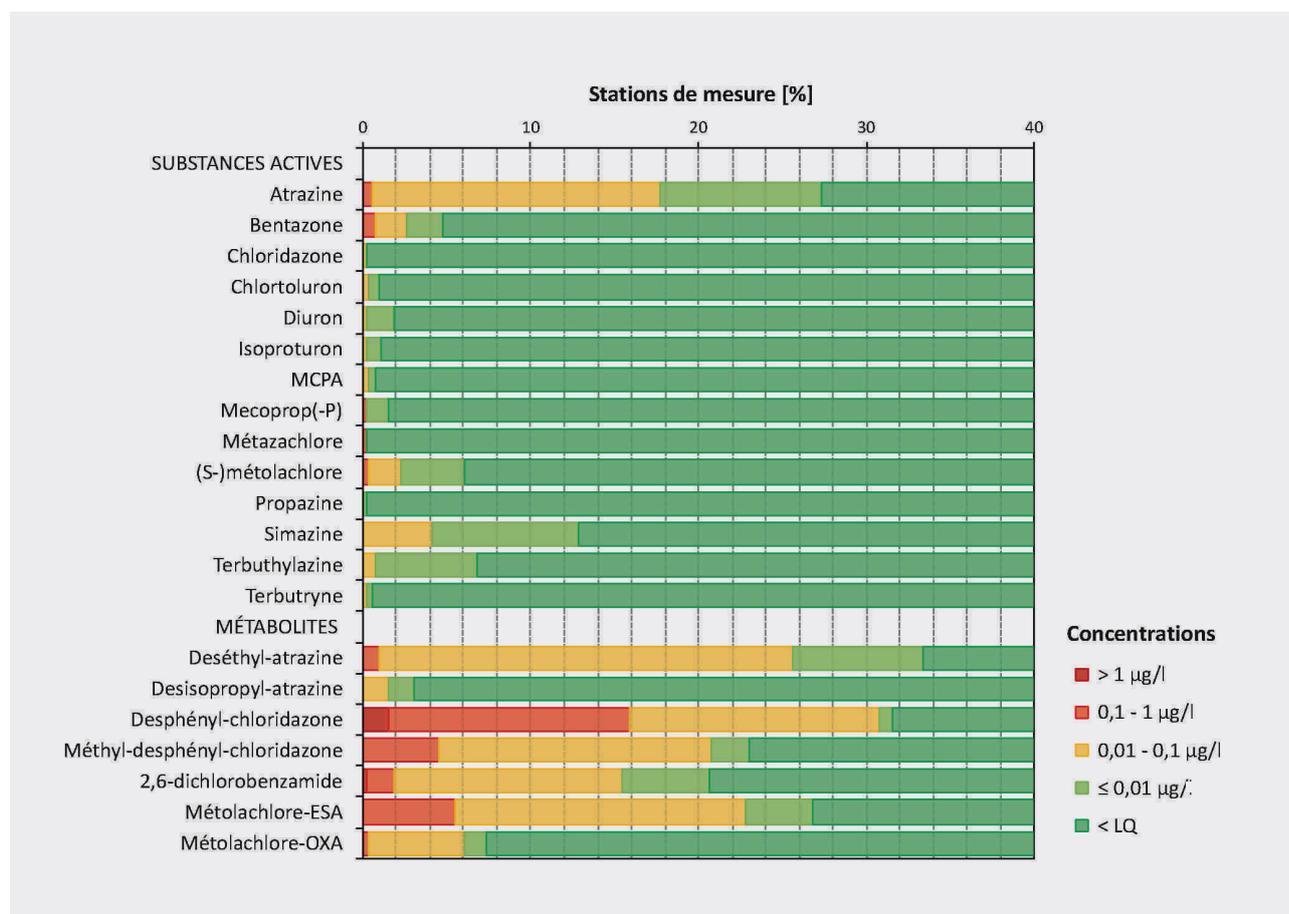


Fig. 2 Produits phytosanitaires, substances actives et métabolites, analysés et détectés dans le cadre du monitoring à long terme de l'Observation nationale des eaux souterraines en 2014. La valeur maximale a été prise en compte pour chaque station de mesure NAQUA.

Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe und -Metaboliten, die 2014 im Rahmen des Langzeitmonitorings der Nationalen Grundwasserbeobachtung landesweit im Grundwasser analysiert und nachgewiesen wurden. Berücksichtigt wurde jeweils der Maximalwert pro NAQUA-Messstelle.

	NOMBRE DE STATIONS DE MESURE NAQUA EN 2014					
	Échantillonnées	≥LQ	> 0,1 µg/l	> 0,3 µg/l	> 0,5 µg/l	> 1 µg/l
<b>SUBSTANCES ACTIVES DE PRODUITS PHYTOSANITAIRES</b>	530	192	9	1	1	-
<b>MÉTABOLITES DE PRODUITS PHYTOSANITAIRES</b>	530	275	104	43	27	9
- jugés pertinents lors de la procédure d'autorisation	530	179	5	-	-	-
- jugés non pertinents lors de la procédure d'autorisation	530	242	100	42	27	9
- non évalués lors de la procédure d'autorisation	296	34	5	1	-	-

LQ limite de quantification

Tab. 4 Bilan des produits phytosanitaires, substances actives et métabolites, dans les eaux souterraines en 2014. La valeur maximale a été prise en compte pour chaque station de mesure NAQUA.

Gesamtbilanz PSM-Wirkstoffe und -Metaboliten im Grundwasser 2014. Berücksichtigt wurde jeweils der Maximalwert pro NAQUA-Messstelle.

lachlore, ainsi que les métabolites deséthyl-atrazine, desphényl-chloridazone, méthyl-desphényl-chloridazone, 2,6-dichlorobenzamide, métolachlore-ESA et métolachlore-OXA (fig. 2). Les analyses complémentaires des cantons ou des laboratoires sous contrat, effectuées sur une partie seulement des stations de mesure, ont révélé la présence des métabolites diméthachlore-ESA/-OXA, métazachlore-ESA/-OXA et N,N-diméthylsulfamide à plus de 0,1 µg/l (tab. 1).

### SUBSTANCES ACTIVES

En 2014, la substance active qui dépassait le plus souvent l'exigence chiffrée de l'OEaux (0,1 µg/l) était le bentazone (fig. 2). Le bentazone est employé notamment dans la culture de céréales, de pommes de terre, de maïs et de plusieurs légumineuses (haricots, petits pois, trèfle et soja). Son utilisation est prohibée dans la zone de protection des eaux souterraines S2, où, du fait des faibles temps d'écoulement de l'eau jusqu'aux points de captage, il existe un risque élevé de contamination des eaux souterraines par l'apport de polluants.

La deuxième substance active observée le plus souvent était l'atrazine, dont l'autorisation a été levée en Suisse en 2007. Ses concentrations dans les eaux souterraines sont en recul (fig. 2). Les trois autres substances actives de produits phytosanitaires retrouvées en concentrations élevées à une ou deux stations de mesure sont homologuées en Suisse. L'utilisation du (S-)métolachlore et du métazachlore est toutefois interdite en zone de protection S2. Dans l'ensemble, un dépassement du seuil de 0,1 µg/l prescrit dans l'OEaux a été observé, toutes régions confondues, sur environ 2% des stations de mesure (tab. 4).

### MÉTABOLITES

Le seul métabolite considéré comme pertinent dans le cadre de la procédure d'autorisation et dont les concentrations ont dépassé l'exigence chiffrée spécifiée dans l'OEaux en 2014 est la deséthyl-atrazine (tab. 1). Elle a été fréquemment rencontrée, notamment sur les terres cultivées, bien que la substance active dont elle dérive (l'atrazine) ne soit plus homologuée depuis 2007 et ne doit plus être utilisée depuis 2011. La deséthyl-atrazine a dépassé le seuil de 0,1 µg/l dans environ 1% des stations de mesure. Les autres métabolites de produits phy-

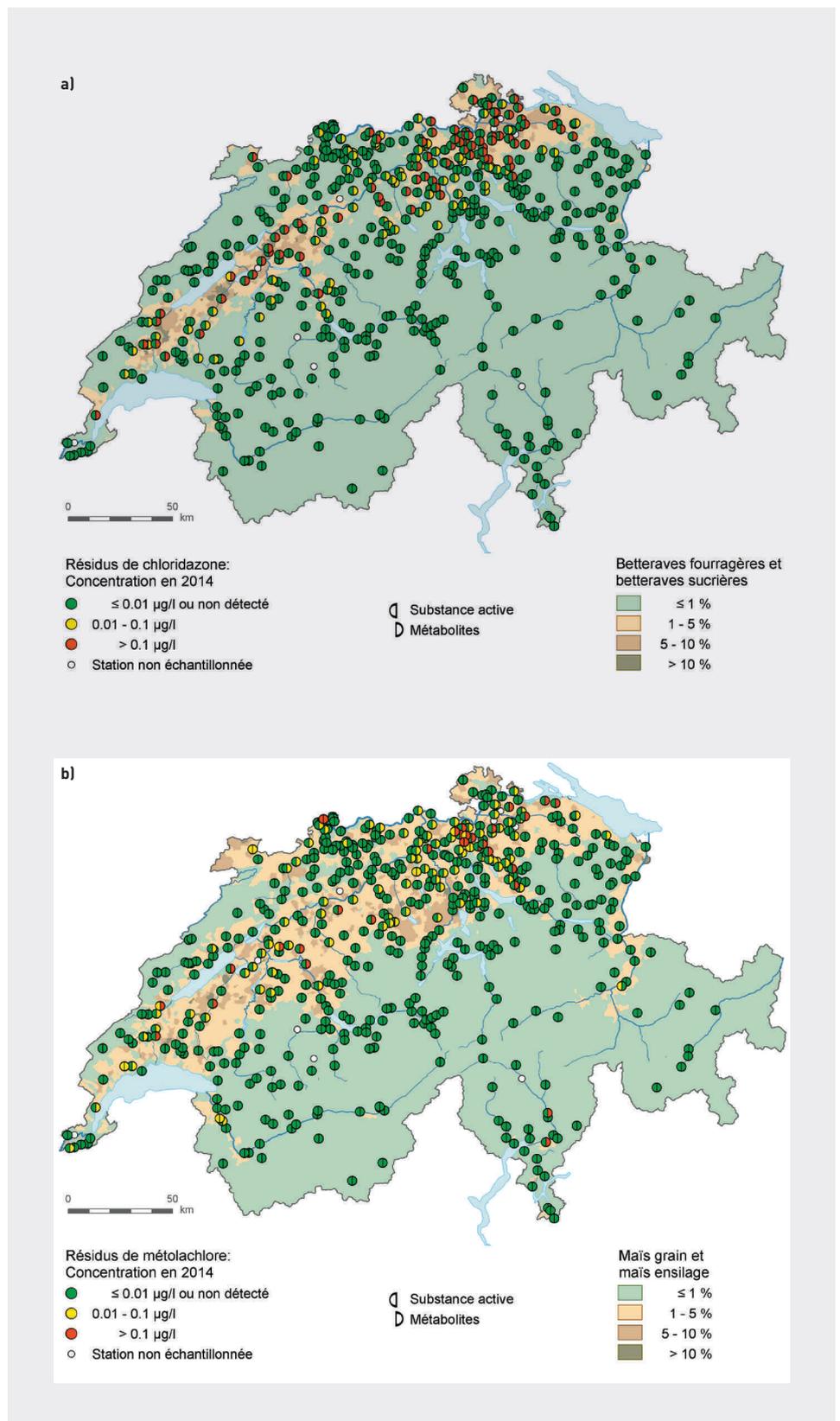


Fig. 3 Résidus de chloridazone (a) et (S-)métolachlore (b) détectés dans les eaux souterraines en 2014 et la part de cultures où sont principalement utilisées ces substances actives. La valeur maximale a été prise en compte pour chaque station de mesure NAQUA. La part de culture de betterave et de maïs est calculée par rapport à la surface communale.

Rückstände von Chloridazon (a) und (S-)Metolachlor (b) im Grundwasser im Jahr 2014 einschliesslich der Kulturen, in denen diese Wirkstoffe hauptsächlich eingesetzt werden. Berücksichtigt wurde jeweils der Maximalwert pro NAQUA-Messstelle. Der Anteil der Kulturen von Futter- und Zuckerrüben (a) sowie Körner- und Silomais (b) bezieht sich auf die Gemeindefläche.

tosanitaires pour lesquels des concentrations de plus de 0,1 µg/l ont été relevées dans les eaux souterraines ont été jugés non pertinents dans le cadre de la procédure d'autorisation ou n'ont pas fait l'objet d'évaluation de pertinence. Dans les deux cas, l'OEaux ne fixe pas d'exigence chiffrée.

Les métabolites du chloridazone sont de loin ceux qui dépassent le plus souvent la concentration de 0,1 µg/l. Depuis son homologation en 1964, cet herbicide est utilisé quasi exclusivement dans la culture de la betterave à sucre et de la betterave fourragère (fig. 2 et 3). La présence de desphényl-chloridazone dans des concentrations supérieures à 0,1 µg/l a été décelée en 2014 sur 16% des stations de mesure. Dans 2% des stations, les concentrations étaient même supérieures à 1 µg/l (maximum relevé: 3,22 µg/l). Le méthyl-desphényl-chloridazone, autre métabolite du chloridazone, a été observé dans des concentrations supérieures à 0,1 µg/l dans 5% des stations de mesure, sans jamais dépasser le seuil de 1 µg/l (maximum relevé: 0,80 µg/l). Quant au chloridazone, il n'a été que très rarement détecté dans les eaux souterraines. Les concentrations de ses deux métabolites n'ont guère évolué depuis le début des analyses en 2010 (fig. 4).

En seconde place des métabolites les plus souvent rencontrés dans les eaux souterraines, on trouve les métabolites de l'herbicide (S-)métolachlore, utilisé principalement dans la culture du maïs et de la betterave (fig. 2 et 3). Les concentrations de métolachlore-ESA excédaient 0,1 µg/l dans 6% des stations de mesure (maximum relevé: 0,64 µg/l), les concentrations de métolachlore-OXA dans 0,4% des stations (maximum relevé: 0,68 µg/l). Ces dernières années, le nombre de stations de mesure où l'on a relevé la présence de métolachlore-ESA dans des concentrations supérieures à 0,1 µg/l a considérablement augmenté (fig. 4). Cela pourrait s'expliquer par la multiplication par deux des volumes de (S-)métolachlore utilisés depuis l'interdiction de l'atrazine. La troisième place est occupée par le 2,6-dichlorobenzamide, un dérivé du dichlobénil (herbicide) et du fluopicolide (fongicide) (fig. 2). Le dichlobénil, autorisé en Suisse entre 1983 et 2013, était principalement utilisé en viticulture, pour soigner les arbres d'ornement et pour lutter contre les rumex dans les prairies et les pâturages. Le fluopicolide, encore autorisé, est employé dans des quantités moindres en viticulture et dans la culture de la pomme de terre. Le 2,6-dichlorobenzamide a été détecté en concentrations su-

périeures à 0,1 µg/l dans 2% des stations de mesure. En 2014, la concentration de 1 µg/l a été dépassé une fois seulement (maximum relevé: 1,3 µg/l).

Les autres métabolites de produits phytosanitaires détectés à plus de 0,1 µg/l, mais pour lesquels il n'existe pas de données représentatives à l'échelle de la Suisse, sont des métabolites du diméthachlore et du métazachlore, ainsi que du dichlofluanide et/ou du tolylfluanide (tab. 1). Les maxima relevés ont été de 0,33 µg/l pour le diméthachlore-ESA, de 0,12 µg/l pour le diméthachlore-OXA, de 0,28 µg/l pour le métazachlore-ESA, de 0,23 µg/l pour le métazachlore-OXA et de 0,37 µg/l pour le N,N-diméthylsulfamide. Les substances actives métazachlore et diméthachlore sont aujourd'hui utilisées entre autres dans la culture du colza. Le dichlofluanide n'est autorisé que comme biocide dans les traitements de conservation du bois, mais a aussi été utilisé comme produit phytosanitaire jusqu'à fin 2005. Le tolylfluanide a été utilisé jusqu'en 2007 comme fongicide dans la culture fruitière, les cultures maraîchères et la viticulture. La présence de N,N-diméthylsulfamide est particulièrement indésirable: au contact de l'ozone, il peut en effet se transformer en N-nitrosodiméthylamine (NDMA), considérée

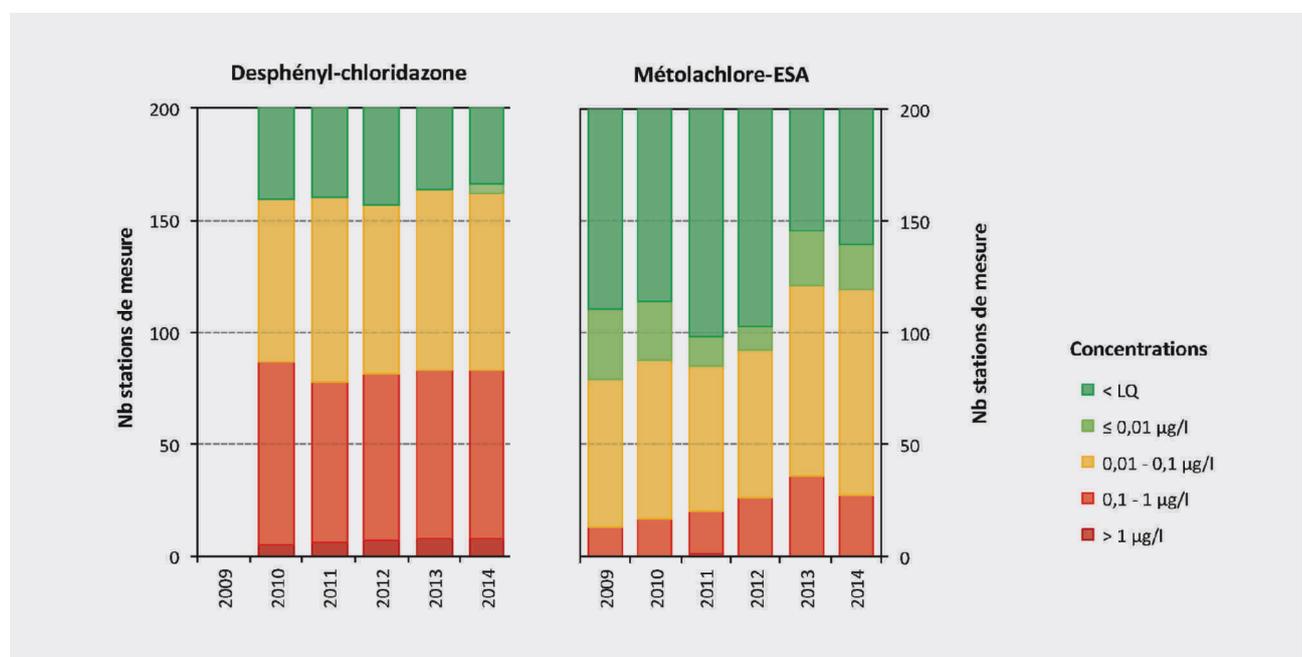


Fig. 4 Évolution de la concentration du desphényl-chloridazone (413 stations de mesure) et du métolachlore-ESA (403 stations de mesure) dans les eaux souterraines de 2009–2014. Seules les stations NAQUA, auxquelles ces substances ont été analysées au moins une fois par année, ont été exploitées. La valeur maximale a été prise en compte pour chaque station de mesure.

Entwicklung der Konzentrationen von Desphenyl-Chloridazon (413 Messstellen) und Metolachlor-ESA (403 Messstellen) im Grundwasser von 2009 bis 2014. Ausgewertet wurden ausschliesslich NAQUA-Messstellen, die in diesem Zeitraum jeweils mindestens einmal pro Jahr untersucht wurden. Berücksichtigt wurde jeweils der Maximalwert pro Messstelle und Jahr.

comme génotoxique et cancérigène [13]. Au total, 19% des stations de mesure présentaient des métabolites jugés non pertinents lors de la procédure d'autorisation dans des concentrations supérieures à 0,1 µg/l (tab. 4). La concentration de 0,1 µg/l n'a été dépassé par les autres métabolites non évalués que dans 1% des stations de mesure NAQUA.

## RÉSULTATS DES PAYS VOISINS

Les pays voisins réalisent aussi des analyses, dans le but de détecter dans les eaux souterraines d'éventuelles traces de substances actives et de métabolites de produits phytosanitaires. Les relevés se fondent sur des approches différentes, de sorte que les chiffres statistiques ne sont pas directement comparables entre les pays.

### SITUATION EN ALLEMAGNE

Les données les plus complètes ont été recensées en Allemagne par la Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft LAWA [14]. De 2009 à 2012, des substances actives de produits phytosanitaires ont été recherchées dans 13 400 stations de mesure, des métabolites dans 8 427 stations de mesure. Le nombre de stations variait selon la substance.

La recherche de métabolites jugés non pertinents a dans un premier temps été restreinte aux stations de mesure susceptibles d'être concernées, puis en partie étendue quelques années plus tard à l'ensemble des stations. Seul le maximum relevé lors du dernier prélèvement pour chaque substance et à chaque station de mesure a été pris en compte pour l'évaluation globale.

Bien que l'atrazine ne soit plus autorisée en Allemagne depuis 1991, ce sont l'atrazine et la deséthyl-atrazine, métabolite considéré comme pertinent dans le cadre de la procédure d'autorisation, qui ont dépassé le plus souvent le seuil de 0,1 µg/l fixé par l'Ordonnance allemande sur la protection des eaux souterraines (Grundwasserverordnung, GrwV) [15]. Parmi les substances actives actuellement homologuées, le bentazone est celle que l'on retrouve le plus souvent à des concentrations supérieures à 0,1 µg/l. Durant les 4 années d'analyses, des substances actives et des métabolites de produits phytosanitaires ont été observés en concentrations supérieures à 0,1 µg/l dans environ 5% des stations de mesure.

Les autres métabolites de produits phytosanitaires détectés dans des concentrations supérieures à 0,1 µg/l étaient le desphényl-chloridazone, le méthyl-desphényl-chloridazone, le métazachlore-ESA/-OXA, le N,N-diméthylsulfamide, le métolachlore-ESA/-OXA et le chlorothalonil R417888, considérés en Allemagne comme des métabolites non pertinents. Ces substances ont par ailleurs dépassé le seuil de 10 µg/l dans au moins une station de mesure. 17 autres métabolites de 10 substances actives ont été détectés en concentrations de plus de 0,1 µg/l, mais moins fréquemment. 6 d'entre eux sont ou ont été analysés dans le cadre de NAQUA. 8 des métabolites restants sont des métabolites du (S)-métolachlore, du métazachlore, du diméthachlore et de la terbuthylazine, substances actives dont les métabolites les plus fréquents sont déjà recensés dans NAQUA. Les métabolites des substances actives métalaxyl et trifloxystrobine, qui ne dépassent que très rarement 0,1 µg/l en Allemagne, et le métabolite chlorothalonil R417888 ne font eux pas l'objet de telles analyses.

Entre 2009 et 2012, les métabolites non pertinents ont été observés à des concentrations supérieures à 0,1 µg/l dans 32% des stations et à des concentrations supérieures à 1 µg/l dans 11% des stations. Le seuil de 10 µg/l a même été dépassé dans 0,4% des stations. Au total, des métabolites non pertinents ont été détectés dans 45% des stations de mesure.

À l'exception du métabolite chlorothalonil, les substances actives et les métabolites de produits phytosanitaires les plus fréquemment détectés en Allemagne coïncident avec ceux les plus fréquemment détectés en Suisse. Les concentrations relevées en Allemagne sont toutefois dans l'ensemble plus élevées qu'en Suisse. Compte tenu des plans de prélèvement différents et de l'hétérogénéité des données, la situation en Allemagne ne peut pas être comparée véritablement à la situation en Suisse.

### SITUATION EN AUTRICHE

En Autriche, les eaux souterraines font l'objet d'analyses régulières conformément à l'Ordonnance autrichienne sur la surveillance de l'état des eaux (Gewässerzustandsüberwachungsverordnung, GZÜV) [16]. Entre 2011 et 2013, les campagnes de mesures ont permis d'analyser près de 130 substances actives et métabolites de produits phytosanitaires. Dans le

cadre du programme «Pesticides et métabolites» mené en 2010, plus de 120 substances actives et métabolites de produits phytosanitaires ont été analysés dans près de 200 stations de mesure subissant l'influence agricole [17], soit environ 10% de l'ensemble des stations de mesure.

Les substances actives de produits phytosanitaires qui ont le plus fréquemment dépassé le seuil de 0,1 µg/l étaient le bentazone et l'atrazine. La deséthyl-atrazine, métabolite jugé pertinent en Autriche, et la deséthyl-desisopropyl-atrazine, métabolite non évalué, ont été rencontrées bien plus souvent encore [16]. À noter que l'atrazine n'est plus autorisée en Autriche depuis 1995. Le 3,5,6-trichloro-2-pyridinol (TCP), métabolite du triclopyr et du chlorpyrifos, jugé pertinent en Autriche [18], mais non analysé en Suisse, a lui aussi été détecté dans des concentrations supérieures à 0,1 µg/l.

Parmi les métabolites non pertinents, le métolachlore-ESA/-OXA, le desphényl-chloridazone, le méthyl-desphényl-chloridazone, le N,N-diméthylsulfamide et le métazachlore-ESA/-OXA ont été observés le plus souvent dans des concentrations supérieures à 0,1 µg/l, une situation semblable à celles observées en Allemagne et en Suisse. Les substances actives et métabolites de produits phytosanitaires relevés le plus fréquemment dans les eaux souterraines autrichiennes sont donc à peu près les mêmes que ceux des deux autres pays.

### SITUATION EN FRANCE

En France, des analyses réalisées en 2011 dans le cadre d'un programme spécial dans près de 500 stations de mesure ont porté sur une centaine de résidus de produits phytosanitaires, dont seulement une petite partie était des métabolites de produits phytosanitaires [19]. Les substances ayant le plus fréquemment dépassé le seuil de 0,1 µg/l étaient là encore l'atrazine et ses métabolites deséthyl-atrazine et deséthyl-desisopropyl-atrazine, ainsi que le bentazone. On obtient donc pour les substances actives et métabolites de produits phytosanitaires analysés en France à peu près le même schéma que dans les autres pays voisins. Les résultats pour la deséthyl-desisopropyl-atrazine rejoignent notamment ceux obtenus en Autriche. Les résultats concernant les métabolites non pertinents ne peuvent pas être comparés faute de données disponibles en France pour ces substances.

**REMERCIEMENTS**

Un grand merci à l'ensemble des personnes impliquées dans NAQUA, notamment les partenaires des services cantonaux pour leur engagement de longue date, les membres du groupe de travail «Paramètres de l'Observation nationale des eaux souterraines» pour leurs contributions constructives au développement du monitoring, ainsi que tous les collaborateurs de l'OFEV qui s'investissent depuis longtemps pour NAQUA. Nos remerciements vont également à *Reto Murali* (OFEV), *Irene Wittmer* et *Tobias Doppler* (plateforme VSA Qualité de l'eau) pour leurs retours avisés sur le présent texte.

**SCREENING**

Le plus grand nombre de métabolites de produits phytosanitaires dans les eaux souterraines a probablement été étudié jusqu'ici par *Reemtsma et al.* [20]. Le recours à une nouvelle méthode a notamment permis l'analyse en 2009 de 150 métabolites de produits phytosanitaires dans 42 échantillons d'eaux souterraines de Bade-Wurtemberg et de Rhénanie-du-Nord-Westphalie. Les métabolites recherchés avaient été sélectionnés sur la base de résultats préexistants et d'informations issues des dossiers d'autorisation des produits phytosanitaires. Les métabolites détectés le plus souvent et dans les concentrations les plus élevées ont été le métolachlore-ESA/-OXA/-NOA 413173, le méthyl-desphényl-chloridazone, le métazachlore-ESA/-OXA, le chlorthalonil R417888, le diméthachlore CGA 369873 et la trifloxystrobine NOA 413161, jugés non pertinents dans les procédures d'autorisation européennes. Le desphényl-chloridazone et le N,N-diméthylsulfamide n'ont pas pu être analysés avec cette méthode.

Les résultats de ce screening montrent que les analyses effectuées jusqu'ici dans les pays voisins couvrent avec une grande probabilité les principaux métabolites de produits phytosanitaires décelables dans les eaux souterraines. On peut en déduire que les eaux souterraines ne contiennent probablement pas de métabolites inconnus en grandes quantités.

**BILAN ET PERSPECTIVES****QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES**

D'après les résultats de l'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA, l'exigence chiffrée de 0,1 µg/l fixée par l'OEaux pour les substances actives de produits phytosanitaires est dépassée chaque année dans 2% des stations de mesure. Les métabolites de produits phytosanitaires s'observent dans les eaux souterraines de manière plus fréquente et dans des concentrations nettement supérieures et plus constantes. Nombre de métabolites sont plus mobiles et souvent plus persistants que les substances dont ils sont issus. Ainsi, 11 métabolites (issus de 7 substances actives) présentent des concentrations supérieures à 0,1 µg/l dans 20% des stations de mesure (*tab. 4*). La présence de métabolites de produits phytosanitaires dans les eaux souterraines a été mise en évidence dans plus de la moitié des stations de mesure.

À l'exception de la deséthyl-atrazine, qui dépasse dans environ 1% des stations le seuil de 0,1 µg/l fixé par l'OPPh, il s'agit de métabolites qui ont été jugés non pertinents dans le cadre de la procédure d'autorisation ou n'ont pas été évalués. Ni l'OEaux

ni l'OPPh ne fixent d'exigence chiffrée pour ces substances. Les métabolites du chloridazone et du (S-)métolachlore en particulier altèrent durablement la qualité des eaux souterraines, en Suisse comme dans les pays voisins. Indépendamment de leur toxicité, les métabolites de produits phytosanitaires sont des substances de synthèse persistantes dont l'apport dans les eaux souterraines doit être évité, ou tout du moins réduit, à des fins de protection préventive. Une fois dans les eaux souterraines, ils se dégradent peu ou extrêmement lentement. Les eaux souterraines mettant plusieurs années ou décennies à se renouveler et possédant une «mémoire à long terme», il est particulièrement important d'agir au plus tôt et de prendre des mesures proactives.

Certains services cantonaux ont d'ores et déjà mis en œuvre des mesures ciblées afin d'empêcher la contamination des eaux souterraines par les résidus de chloridazone. Au vu des concentrations élevées de desphényl-chloridazone dans les eaux souterraines, des projets visant à réduire l'utilisation de chloridazone dans le bassin d'alimentation de certains captages ont par exemple été initiés dans les cantons de Berne, de Vaud et de Zurich. Ces projets sont menés par les services cantonaux de la protection de l'environnement et les services de l'agriculture, en partenariat avec les distributeurs d'eau concernés et les exploitants agricoles. L'Université de Neuchâtel assure pour plusieurs de ces projets un encadrement scientifique.

**ENJEUX POUR LE MONITORING**

Comme le montre la comparaison des données NAQUA avec celles de l'Autriche, de l'Allemagne et de la France, l'Observation nationale des eaux souterraines permet de recenser, à la lumière des connaissances actuelles, les principaux résidus de produits phytosanitaires présents dans les eaux souterraines. Les substances actives de produits phytosanitaires qui dépassent le plus souvent le seuil de 0,1 µg/l sont, en Suisse comme dans les trois autres pays mentionnés, le bentazone et l'atrazine. Les substances les plus fréquemment rencontrées sont les métabolites du chloridazone, du (S-)métolachlore et du métazachlore, ainsi que le N,N-diméthylsulfamide et le 2,6-dichlorobenzamide, tous jugés non pertinents dans le cadre de la procédure d'autorisation dans les pays voisins.

À l'avenir, l'enjeu pour NAQUA sera d'une part de continuer à générer des données représentatives pouvant être comparées au niveau national et à long terme, et permettant d'évaluer l'impact des mesures prises pour protéger les eaux souterraines et, d'autre part, de développer continuellement le monitoring, notamment d'y intégrer si nécessaire de nouveaux résidus de produits phytosanitaires. La prise en compte dans le monitoring à long terme de certains métabolites détectés fréquemment en concentrations élevées dans les eaux souterraines allemandes et autrichiennes (métabolites du chlorthalonil ou du métazachlore, p. ex.) est actuellement à l'étude.

Il conviendra aussi à l'avenir de procéder régulièrement à des screenings pour analyser un vaste spectre de résidus de produits phytosanitaires et d'autres substances nocives ou étrangères. Les métabolites du chloridazone ont ainsi été intégrés au monitoring à long terme sur la base des résultats de l'étude pilote «Screening des micropolluants» menée en 2007 et 2008. En Suisse, ils sont aujourd'hui les résidus de produits phytosanitaires détectés les plus fréquemment et dans les concentrations

les plus élevées. En collaboration avec l'Eawag, un target et suspect screening ciblant 200 substances actives et près de 1000 métabolites de produits phytosanitaires sont en cours dans plusieurs stations de mesure.

Les substances actives de produits phytosanitaires doivent elles aussi faire l'objet d'une attention continue. Diverses substances actives susceptibles de contaminer les eaux souterraines sont en effet utilisées en remplacement de l'atrazine, depuis que celle-ci s'est vu retirer son homologation. La présence accrue de résidus de (S-)métochlorure dans les eaux souterraines pourrait être liée au remplacement de l'atrazine par cette substance.

Au cours des années et des décennies à venir, NAQUA continuera d'analyser les résidus de produits phytosanitaires dans les eaux souterraines, afin de garantir la protection des ressources d'eau potable essentielles que sont les eaux souterraines et, par-là même, celle des consommateurs.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] Office fédéral de l'agriculture OFAG (2016): *Rapport agricole 2016*. Berne
- [2] Office fédéral de l'environnement OFEV (2009): *Résultats de l'observatoire national des eaux souterraines (NAQUA). État et évolution de 2004 à 2006. État de l'environnement no 0903*. Berne
- [3] RS 916.161, *Ordonnance sur la mise en circulation des produits phytosanitaires (ordonnance sur les produits phytosanitaires, OPPh) du 12 mai 2010 (état le 1<sup>er</sup> novembre 2016)*. <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20100203/index.html>
- [4] PPDB (2009): *The Pesticide Properties Database (PPDB) developed by the Agriculture & Environment Research Unit (AERU); University of Hertfordshire, funded by UK national sources and the EU-funded FOOTPRINT project (FP6-SSP-022704)*. <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/index.htm>
- [5] Office fédéral de l'agriculture OFAG (2016): *Quantité de substances actives de produits phytosanitaires vendues en Suisse en 2014*
- [6] Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage OFEFP/Office fédéral des eaux et de la géologie OFEG (2004): *NAQUA – Qualité des eaux souterraines en Suisse 2002/2003*. Berne
- [7] Hanke, I. et al. (2007): *Arzneimittel und Pestizide im Grundwasser*. *Aqua & Gas* 3/2007: 187-196
- [8] Hollender, J. et al. (2010): *The Challenge of the Identification and Quantification of Transformation Products in the Aquatic Environment Using High Resolution Mass Spectrometry*. In: Fatta Kassinos, D. et al. (dir.), *Xenobiotics in the Urban Water Cycle; Mass Flows, Environmental Process, Mitigation and Treatment Strategies*. *Environmental Pollution* 16: 195-211
- [9] Kraus, M., Singer, H.; Hollender J. (2010): *LC-high resolution MS in environmental analysis: from target screening to the identification of unknowns*. *Anal. Bioanal. Chem.* 397: 943-941
- [10] RS 814.201, *Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux) du 28 octobre 1998 (état le 1<sup>er</sup> mai 2017)*. <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19983281/index.html>
- [11] RS 817.022.11, *Ordonnance du DFI sur l'eau potable et l'eau des installations de baignade et de douche accessibles au public (OPBD) du 16 décembre 2016 (état le 1<sup>er</sup> mai 2017)*. <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20143396/index.html>
- [12] Office fédéral de l'agriculture OFAG, Agroscope, Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires OSAV (2016): *Toxikologische Relevanz von Pflanzenschutzmittel-Metaboliten im Grund- und Trinkwasser gemäss EU-Leitfaden*
- [13] Schmidt, C.K.; Brauch, H.-J. (2008): *N,N-Dimethylsulfamide as Precursor for N-Nitrosodimethylamine (NDMA) Formation upon Ozonation and its Fate During Drinking Water Treatment*. *Environ. Sci. Technol.* 42: 6340-6343
- [14] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser LAWA (2015): *Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit Pflanzenschutzmittel – Berichtszeitraum 2009 bis 2012*. Kiel
- [15] *Ordonnance allemande sur la protection des eaux souterraines (Grundwasserverordnung – GrwV) du 9 novembre 2010*
- [16] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2015): *Wassergüte in Österreich. Jahresbericht 2014*. Vienne
- [17] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2011): *GZÜV-Sondermessprogramm Pestizide und Metaboliten 2010*. Vienne
- [18] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft/Umweltbundesamt Österreich (2014): *Metaboliten im Grund- und Trinkwasser*. Vienne
- [19] Lopez, B.; Laurent, A. (2013): *Campagne exceptionnelle d'analyse des substances présentes dans les eaux souterraines de métropole. Rapport final*. BRGM/RP-61853-FR
- [20] Reemtsma, T.; Alder, L.; Banasiak, U. (2013): *Emerging pesticide metabolites in groundwater and surface water as determined by the application of a multimethod for 150 pesticide metabolites*. *Water Research* 47: 5535-5547

#### > FORTSETZUNG DER ZUSAMMENFASSUNG

von Mais sowie von Zuckerrüben angewendet wird. Auch in den Nachbarländern der Schweiz treten diese Substanzen in erhöhten Konzentrationen im Grundwasser auf. Als künstliche, langlebige Substanzen sind PSM-Metaboliten im Grundwasser gemäss GSchV grundsätzlich unerwünscht.



**WEGAS ARMATUREN GmbH**  
Brühlstrasse 25  
CH-5313 Klingnau  
[www.wegas.ch](http://www.wegas.ch)



Hauseinführungen  
für Gas und Wasser



Pressing-Systeme



Mehrparten Hauseinführungen  
für EG, EW, TT, TV, WA,  
Fernwärme



Kabeldurchführungen