

**Mesures supplémentaires des particules
dans le réseau NABEL
Rapport sur les mesures réalisées en 2014**

Rapport de mesure

Andrea Fischer et Christoph Hüglin

Empa, Laboratoire Polluants atmosphériques/techniques de l'environnement
Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf

Dübendorf, novembre 2015

Impressum

Mandant: Office fédéral de l'environnement (OFEV)
Division Protection de l'air et produits chimiques, Section Qualité de l'air,
3003 Berne

Mandataire: Empa, Laboratoire Polluants atmosphériques/ techniques de
l'environnement, Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf

Auteurs: Andrea Fischer, Christoph Hüglin

Contact: andrea.fischer@empa.ch

Ce rapport peut être téléchargé sous: www.bafu.admin.ch/luft
www.empa.ch/nabel

Dübendorf, novembre 2015

Table des matières:

1	<i>Introduction.....</i>	4
2	<i>Programme et méthodes de mesure</i>	4
3	<i>Résultats des mesures gravimétriques des poussières fines et des mesures du nombre de particules.....</i>	8
4	<i>Bibliographie.....</i>	23

1 Introduction

Des études nationales et internationales approfondies prouvent clairement que la pollution aux poussières fines a des effets nocifs sur la santé humaine. A côté des PM₁₀, la fraction plus fine PM_{2.5} est aussi utilisée comme indicateur de la pollution aux poussières fines. C'est la raison pour laquelle, dans le monde entier (OMS 2013) et en Europe (Union européenne 2008) une importance accrue est accordée à la fraction PM_{2.5}. Et c'est aussi ce qui a conduit depuis 1998 déjà à effectuer sur des stations NABEL choisies des mesures gravimétriques de PM_{2.5} en plus des mesures de routine des particules fines PM₁₀. Comme les effets spécifiques des particules ultrafines sur la santé sont la source de préoccupations croissantes, depuis quelques années, des mesures des concentrations numériques des particules ultrafines sont encore effectuées sur différentes stations NABEL. Le présent rapport procure une vue d'ensemble du programme de mesure, des méthodes de mesure utilisées et des résultats des mesures effectuées au cours de la période de mesure 1998-2014.

2 Programme et méthodes de mesures

Le tableau 1 donne la liste des stations NABEL sur lesquelles des mesures supplémentaires des particules sont réalisées depuis 1998. Une description détaillée de la situation et de l'environnement des stations NABEL se trouve dans le rapport technique du réseau NABEL (Empa 2015) qui peut être téléchargé sous: www.empa.ch/nabel.

Le tableau 2 donne une vue d'ensemble du programme des mesures complémentaires des particules effectuées sur les différentes stations. Les séries de mesure ne couvrent pas la totalité de la période depuis le 1er janvier 1998. Les dates du début et de la fin des séries de mesure ressortent du tableau. Des mesures de PM₁ ont été réalisées sur différentes stations au cours de la période de 1998 à 2013.

Pour ce qui est des méthodes utilisées, les mesures gravimétriques sont réalisées conformément aux prescriptions de la norme européenne EN 12341 (CEN 2014). La tête de prélèvement utilisée pour les mesures de PM₁ est un impacteur à deux étages. Cet impacteur comporte un séparateur de PM_{2.5} et un séparateur supplémentaires de PM₁ sur lequel le nombre et le diamètre des buses sont dimensionnés de manière à ce qu'il en résulte une coupure à 1µm selon les principes décrits dans Hinds (1999).

Une description des méthodes actuellement utilisées dans le réseau NABEL se trouve dans le rapport technique sur le réseau NABEL (2015). A partir de la mise en service des moniteurs de PM (Betameter et TEOM-FDMS) et jusqu'à la fin du mois d'avril 2010, les mesures gravimétriques de PM₁₀ ont été provisoirement réduites à un prélèvement d'échantillon tous les 4 jours. Au cours de cette période les valeurs journalières de PM₁₀ ont été calculées à partir

des données fournies par les moniteurs ainsi qu'à partir des valeurs gravimétriques journalières restantes. Les détails de cette méthode sont décrits dans Gehrig *et al.* (2005).

Du fait de la grande importance des mesures de PM10 pour l'hygiène de l'air, ce concept de mesure n'était pas satisfaisant. C'est pourquoi à partir du mois de mai 2010, on a de nouveau procédé à des mesures gravimétriques journalières des PM10 (à partir du mois de novembre 2010 à Chaumont et Tänikon). Comme il n'était pas possible d'augmenter le personnel, en compensation, on n'a plus effectué les mesures de PM2.5 et de PM1 que tous les 4 jours. Avec pour conséquence que pour l'année de transition 2010, les moyennes annuelles de PM2.5 et PM1 n'ont pas pu être calculées en prenant simplement la moyenne des toutes les valeurs journalières car cela aurait abouti à une surpondération de la période janvier-avril. Aussi, pour 2010, les moyennes annuelles ont été calculées à partir des moyennes mensuelles. De manière analogue, le calcul des rapports moyens des valeurs journalières (PM2.5/PM10 et PM1/PM10) a été adapté de façon à éviter une surpondération de la période janvier-avril.

Au cours de ces dernières années, la fraction PM2.5 a fortement gagné en importance comme indicateur de la pollution par les poussières fines. (Union européenne 2008) et c'est aussi pourquoi à partir de 2011 la mesure de PM2.5 a été incluse dans le programme de mesure des stations de Dübendorf-Empa, Lugano-Universität, Härkingen-A1 et Magadino-Cadenazzo. Depuis mars 2014 des mesures gravimétriques journalières des PM2.5 sont à nouveau réalisées sur les stations de Berne, Dübendorf, Lugano et Zurich. Sur les stations restantes (Bâle, Härkingen, Magadino, Payerne et Rigi) les prélèvements continuent d'être effectués tous les 4 jours.

Comme il existe une forte corrélation entre PM1 et PM2.5, les mesures de PM1 ont été abandonnées à la fin 2010 sur les stations de Basel-Binningen, Bern-Bollwerk, Lugano-Universität et Rigi-Seebodenalp. Sur les deux dernières stations de Härkingen-A1 et Payerne, les mesures ont cessés à la fin 2013.

Des mesures du nombre de particules au moyen de compteur de particules à noyau de condensation du type TSI 3775 sont effectuées sur les stations de Basel-Binningen, Bern-Bollwerk, Härkingen-A1, Lugano-Universität, Rigi-Seebodenalp et Zürich-Kaserne. Durant quatre ans (2003-2006) on a aussi mesuré le nombre de particules sur la station de Chaumont. Avec ce type de compteur, l'échantillon d'air aspiré est tout d'abord conduit à travers une chambre où l'air est saturé en vapeurs de butanol et où le butanol se condense sur les particules qui la traversent. Cette condensation provoque un grossissement des particules à une taille détectable par des moyens optiques. Le comptage des particules s'effectue particule par particule jusqu'à une concentration de 50'000 particules/cm³ et, pour les concentrations plus élevées, par mesure de l'intensité totale de la lumière diffusée et conversion à la concentration de particules à l'aide d'une fonction de calibrage (mode photométrique). Mis à part sur les stations de Rigi-Seebodenalp, Basel-Binningen et Zürich-Kaserne, sur toutes les autres stations l'échantillon

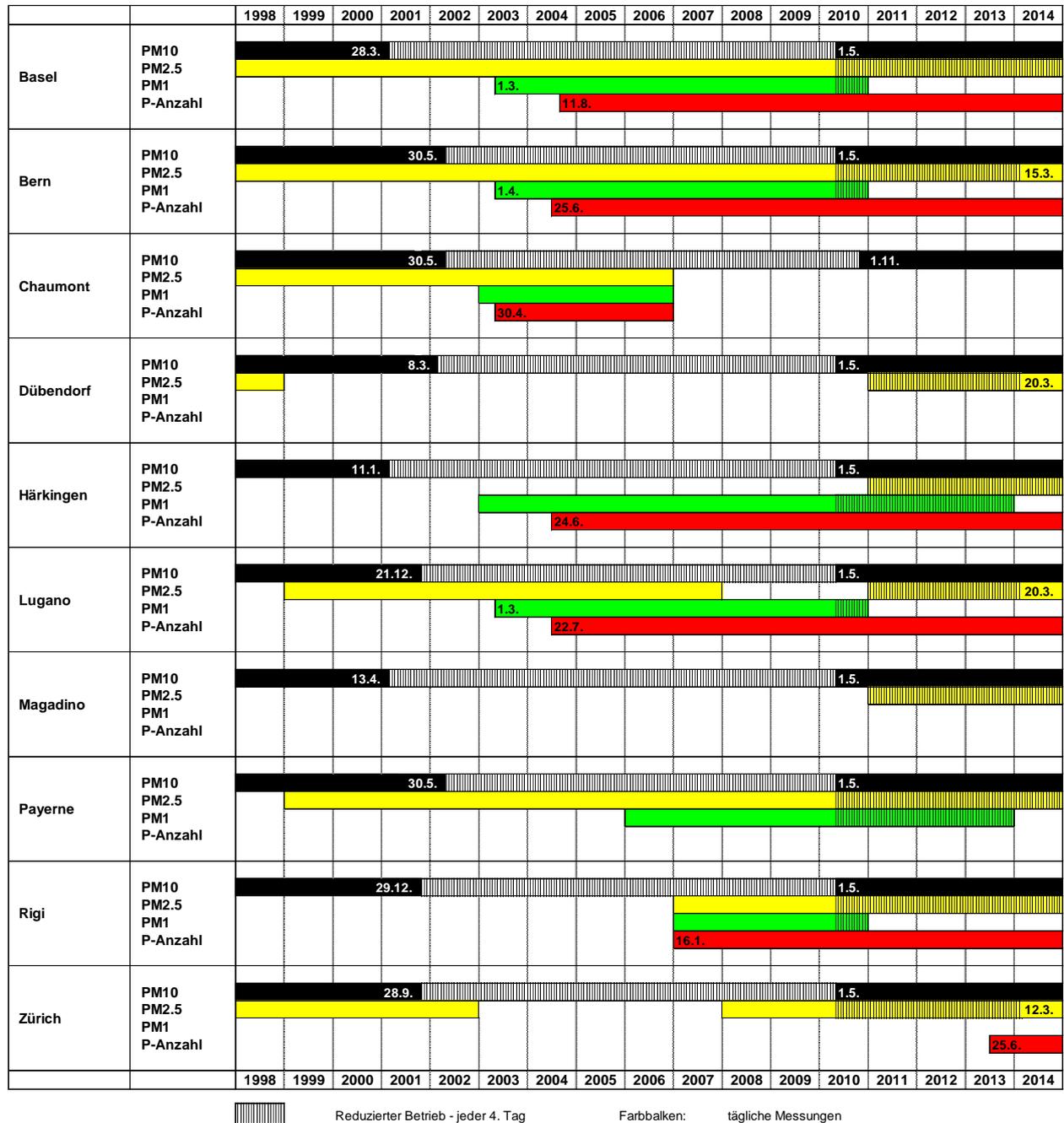
d'air est préparé au moyen d'une unité de dilution spéciale. Sur les sites de Berne et de Härkingen, le rapport de dilution est de 1:20, et il est de 1:3 sur le site de Lugano. Ce mode de préparation des échantillons permet aux appareils d'opérer pour la majeure partie du temps en mode particule par particule. L'appareil permet de détecter les particules d'un diamètre supérieur à env. 4 nm. Le seuil supérieur de la prise d'échantillon ne joue pas de rôle aussi longtemps qu'il se situe au-dessus de 1 µm car les nombres de particules sont dominés de plusieurs ordres de grandeur par les particules de taille submicronique.

A Härkingen entre les 27.11.2008 et le 23.03.2011 on a utilisé pour la mesure des concentrations de particules une conduite d'aspiration d'un diamètre de 1/8 pouce, avant et après ces dates, une conduite de 1/4 pouce. L'utilisation de conduites de différents diamètres peut éventuellement exercer une influence sur les valeurs de mesure: avec un faible diamètre, les pertes par diffusion sont réduites alors que d'autre part le risque d'un salissure de la conduite d'aspiration (p. ex. par des insectes) augmente, ce qui peut accroître les pertes de particules. Il faut relever qu'il n'existe pas encore de méthode de référence pour la mesure de la concentration des particules. Un groupe de travail du Comité européen de normalisation (CEN) travaille actuellement à l'établissement d'une telle méthode de référence. L'élément le plus important de l'assurance de la qualité de la mesure des concentrations en nombre de particules dans le réseau NABEL est le raccordement annuel des appareils de mesure à un compteur de particules à noyau de condensation régulièrement certifié par l'Institut fédéral de métrologie (METAS) et qui est utilisé uniquement pour ces mesures comparatives.

Tab. 1: *Caractérisation des stations NABEL où sont réalisées des mesures des particules*

Basel-Binningen	BAS	Suburbain; en périphérie de la ville, sur le territoire de la commune de Binningen
Bern-Bollwerk	BER	Urbain, exposé au trafic; directement sur un axe principal, à env. 3 m de la chaussée dans un canyon urbain
Chaumont	CHA	Rural, altitude supérieure à 1000 m.
Dübendorf-Empa	DUE	Suburbain; à env. 150 m de routes principales
Härkingen-A1	HAE	Rural, autoroute; à env. 20 m au nord de l'autoroute A1
Lugano-Università	LUG	Urbain; dans une cour relativement ouverte
Magadino-Cadenazzo	MAG	Rural, altitude inférieure à 1000 m
Payerne	PAY	Rural, altitude inférieure à 1000 m
Rigi-Seebodenalp	RIG	Rural, altitude supérieure à 1000 m
Zürich-Kaserne	ZUE	Urbain; dans une cour, pas d'exposition directe au trafic

Tab. 2: Vue d'ensemble du calendrier du programme de mesures complémentaires des particules



3 Résultats des mesures gravimétriques des poussières fines et des mesures du nombre de particules

Les moyennes annuelles de l'année 2014 des concentrations de PM10 et PM2.5 ainsi que les concentrations numériques des particules sont représentées sur le tableau 3. La figure 1 présente sous forme graphique les moyennes annuelles des concentrations massiques (fig.1, en haut) et des concentrations numériques des particules (fig.1, en bas). Afin d'assurer une comparaison correcte entre les concentrations de PM10 et celles de PM2.5, pour le calcul de la moyenne annuelle de PM10 on n'a utilisé que les valeurs journalières d'un jour sur quatre (soit seulement celles des jours avec des mesures de PM2.5). Les différences par rapport aux moyennes annuelles de PM10 publiées ailleurs sont faibles et toujours inférieures à $0.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour l'année de transition 2014, sur les quatre stations avec des mesures de PM2.5 (Berne, Dübendorf, Lugano et Zurich), sur lesquelles on avait passé depuis le mois de mars à une prise d'échantillon journalière, on n'a aussi utilisé que les valeurs journalières d'un jour sur quatre pour le calcul de la moyenne annuelle de PM2.5.

Ce qui frappe, ce sont les différences relatives nettement plus grandes des concentrations numériques des particules par rapport à celles des concentrations massiques (PM10 et PM2.5) entre les sites exposés et les sites moins exposés. C'est ainsi que, par exemple, le rapport des concentrations numériques moyennes des particules des stations de Härkingen et du Rigi est de 7.4 et seulement de 2.3 pour leurs rapports entre PM10 et PM2.5. Ce fait illustre la variabilité spatiale beaucoup plus marquée des particules ultrafines (de diamètre $<100 \text{ nm}$) au voisinage immédiat des sources (trafic routier).

La figure 2 montre à titre de comparaison l'évolution sur plusieurs années des moyennes annuelles de PM10, PM2.5 et PM1, en relevant que les mesures de PM1 ont été abandonnées fin 2103 sur toutes les stations. Sur toutes les stations, on constate pour 2014 une nette diminution des concentrations massiques de PM10 et PM2.5 et sur toutes les stations aussi les moyennes annuelles sont les plus basses que l'on a enregistré depuis le début des séries de mesure. Les moyennes annuelles actuelles sont environ de moitié inférieures à celles des valeurs élevées de l'année 2003. Pour la première fois les moyennes annuelles de toutes les stations NABEL sont inférieures à la valeur limite de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les stations où ces dernières années les moyennes annuelles se situaient dans le domaine de la valeur limite présentent une moyenne annuelle de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les moyennes annuelles étonnamment basses des concentrations massiques de PM10, PM2.5 et PM1 des années 2007 et 2008 sur la station de Berne sont dues à la forte diminution du trafic sur le site de Bollwerk durant les travaux de réaménagement de la place de la gare (travaux de mi-2007 à mi-2008). Il est intéressant de constater que, à partir de 2009 après la réouverture à la circulation de Bollwerk, avec une augmentation de la fréquence du trafic atteignant presque les valeurs initiales, les concentrations de PM n'ont pas à nouveau augmenté mais ont diminué

jusqu'en 2012. Divers travaux de grande ampleur au voisinage de la station ont conduit en 2013 à une augmentation des concentrations massiques. Sur la station de Bern-Bollwerk on a de plus observé en 2007 et 2008 des concentrations numériques des particules comparativement basses (voir figure 9). Et une fois encore, ces concentrations n'ont plus augmenté significativement après la fin des travaux mais ont au contraire stagné jusqu'en 2011. En 2012 et 2014, les concentrations numériques de particules ont encore une fois fortement diminué et la moyenne annuelle de 2014 sur le site de Berne est de $19\,000 \text{ Part/cm}^3$, ce qui correspond à une diminution de moitié par rapport aux moyennes annuelles au début des séries de mesure (2005, 2006).

A Härkingen aussi, on observe une influence sur les mesures des importants travaux de construction réalisés à proximité immédiate de la station (extension à six pistes de l'autoroute; octobre 2011 – mars 2015).

Tout comme pour les moyennes annuelles, on constate aussi une diminution dans l'évolution sur plusieurs années du nombre de dépassements de la valeur limite journalière de $50 \mu\text{g/m}^3$ valable pour PM₁₀ (figure 3). Durant l'hiver 2006, de fréquentes situations d'inversion au nord des Alpes ont conduit à des nombreux dépassements, mais depuis lors le nombre de dépassements de la valeur limite a d'une manière générale diminué. En 2014, on a enregistré sur toutes les stations une forte diminution des dépassements de la valeur limite, la station de Berne ayant enregistré le plus grand nombre de dépassements avec cinq dépassements alors que les stations du Rigi, de Chaumont et de Magadino n'avaient enregistré aucun dépassement. La figure 4 ainsi que les tableaux 4 et 5 donnent une vue d'ensemble de l'évolution sur plusieurs années des rapports moyens PM_{2.5}/PM₁₀ pour les valeurs journalières et les moyennes annuelles. A titre de comparaison, les résultats correspondants des rapports PM₁/PM₁₀ des valeurs journalières et des moyennes annuelles sont présentés sur la figure 5 et les tableaux 6 et 7. Ces résultats mettent en évidence les variations relativement faibles de ces rapports de station à station. Le canyon urbain de Berne constituait jusqu'en 2009 une exception avec une proportion nettement plus élevée de particules de 2.5 à 10 μm et des rapports bas correspondants. Toutefois cette différence s'est nettement réduite au cours des années et à partir de 2011 à Berne aussi le rapport PM_{2.5}/PM₁₀ se situait dans le domaine de celui des autres stations. En 2013 sur le site de Berne, contrairement à ce qui est le cas pour les autres stations, le rapport PM_{2.5}/PM₁₀ a continué à diminuer et, après une nouvelle chute, en 2014, sa valeur de 0.6 se situe à nouveau dans le domaine des valeurs observées jusqu'en 2008. A Payerne on observe également un comportement légèrement différent de celui des autres stations. Alors qu'ici jusqu'en 2006, le rapport PM_{2.5}/PM₁₀ des valeurs journalières était toujours situé entre 0.71 et 0.78, il a diminué en 2007 et 2008 à environ 0.6. De 2009 à 2013 ce rapport est remonté au niveau antécédent de 0.75. Après une augmentation en 2013 des

rapports PM_{2.5}/PM₁₀ sur toutes les stations, à l'exception de celle de Berne, on a observé en 2014 une forte chute sur toutes les stations.

L'évolution à long terme des moyennes mensuelles des rapports PM_{2.5}/PM₁₀ (2003 – 2014) montre que toutes les stations présentent des valeurs plus élevées en hiver, cela de manière plus ou moins marquée selon les stations (voir figure 6) On constate un comportement semblable, quoique moins marqué, pour l'évolution sur l'année des rapports moyens PM₁/PM₁₀ au cours de la période 2003 2013 (voir figure 7).

La figure 8 montre l'évolution moyenne des valeurs mensuelles de PM₁₀ et PM_{2.5} de 2002 à 2014 ainsi que de PM₁ de 2003 à 2013. Pour les stations en basse altitude, on constate l'évolution attendue avec des concentration plus élevées durant la saison froide du fait de la stratification en moyenne plus stable des masses d'air au voisinage du sol avec la dilution plus mauvaise des polluants émis que cela implique. Les stations situées en altitude de Chaumont et de Rigi-Seebodenalp, qui en hiver se trouvent souvent au-dessus de la limite d'inversion, présentent par contre en hiver des valeurs moins élevées qu'en été.

L'évolution des moyennes annuelles des concentrations numériques des particules depuis le début des séries de mesure est donnée sur la figure 9. Cette évolution diffère quelque peu selon les stations mais on constate d'une manière générale une tendance à la baisse. Comme déjà mentionné au chapitre sur les méthodes de mesure, on a utilisé à Härkingen du 27.11.2008 au 23.03.2011 une conduite d'aspiration de diamètre 1/8 pouce et avant et après cette période, une conduite de diamètre 1/4 pouce. Cette différence de la section de la conduite d'aspiration peut éventuellement avoir exercé une influence sur les mesures mais qui n'explique toutefois pas le fort recul des concentrations numériques des particules sur cette station entre 2008 et 2009. D'une manière générale, on relève que sur les sites à proximité de sources de pollution de Bern-Bollwerk, Lugano-Università et Härkingen-A1, on observe en l'espace de quelques années des variations parfois fortes des concentrations numériques de particules. On suppose que ces variations sont dues à des changements des activités de sources d'émissions situées à proximité immédiate des stations de mesure. Il n'est toutefois pas possible d'exclure totalement des causes techniques telles que, par exemple, des variations dans le temps des pertes lors du prélèvement des échantillons.

Les figures 10 et 11 montrent l'évolution des moyennes mensuelles pour l'année 2014 ainsi que l'évolution annuelle des moyennes mensuelles des concentrations numériques de particules depuis le début des séries de mesure. Qualitativement ces valeurs sont semblables à celles des concentrations massiques (cf. figure 8) à l'exception de la station de Härkingen, où la courbe annuelle est légèrement déformée. Ceci est dû aux valeurs de l'été/automne 2004 où, pour ces raisons non élucidées, on a enregistré des concentrations de particules atypiquement élevées. D'une manière générale, les résultats des mesures supplémentaires des particules commencées début 2007 sur la station de Rigi-Seebodenalp présentent des caractéristiques

très semblables à celles des valeurs enregistrées à Chaumont. Ceci signifie que le déplacement des mesures supplémentaires de Chaumont à Rigi-Seebodenalp effectué dans le cadre du resserrement du programme de mesure ne conduit pas à une perte notable d'informations sur la pollution des sites en altitude sur cette station importante du réseau EMEP.

Tab. 3: Moyennes annuelles des PM10, des PM2.5 et des concentrations numériques des particules en 2014

	PM10* ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nombre de particules (Part/ cm^3)
Basel	12.5	9.1	9'692
Bern	18.8	12.1**	18'484
Dübendorf	13.2	9.1**	
Härkingen	14.9	10.3	20'410
Lugano	14.9	10.9**	13'688
Magadino	15.0	10.2	
Payerne	11.1	7.9	
Rigi-SBA	6.4	4.4	2'761
Zürich	13.9	10.0**	12'862

* Afin d'assurer une comparaison correcte entre les concentrations de PM10 et celles de PM2.5, seulement mesurées un jour sur quatre, on n'a aussi utilisé pour le calcul de la moyenne annuelle de PM10 que les valeurs journalières d'un jour sur quatre (soit seulement celles des jours avec des mesures de PM2.5). Ceci peut conduire à de faibles différences ($< 0.77 \mu\text{g}/\text{m}^3$) par rapport aux moyennes annuelles de PM10 obtenues à partir de données complètes publiées ailleurs.

** Pour l'année de transition 2014, on n'a utilisé pour le calcul de la moyenne annuelle de PM2.5 que les valeurs journalières d'un jour sur quatre du fait du passage en mars 2014 à une prise d'échantillon journalière. Ceci peut conduire à de faibles écarts par rapport aux moyennes annuelles de PM2.5 obtenues à partir de données complètes publiées ailleurs.

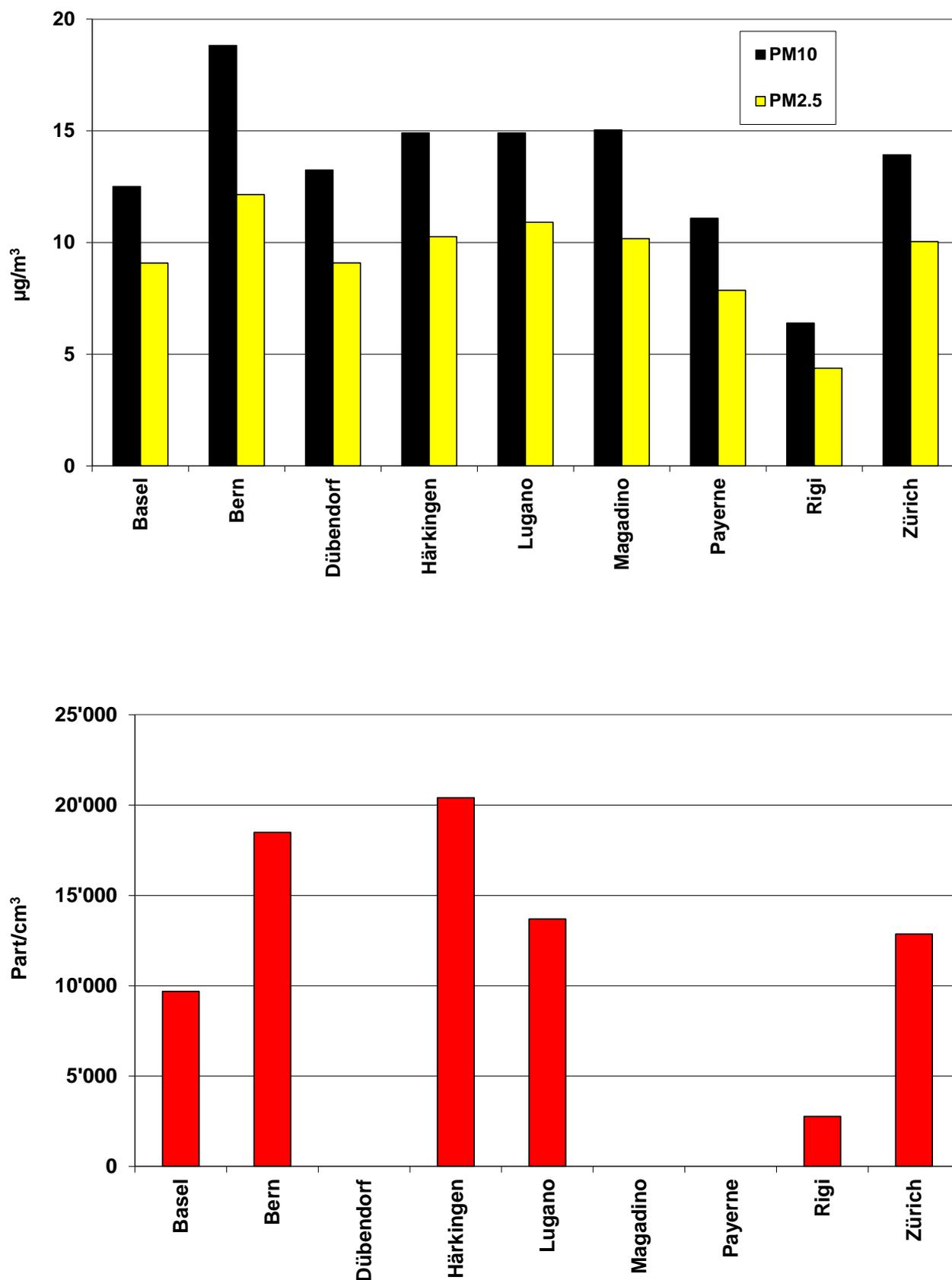


Fig. 1: Vue d'ensemble des moyennes annuelles 2014 de PM10 et PM2.5 (en haut) et des moyennes annuelles 2014 des concentrations numériques des particules (en bas)

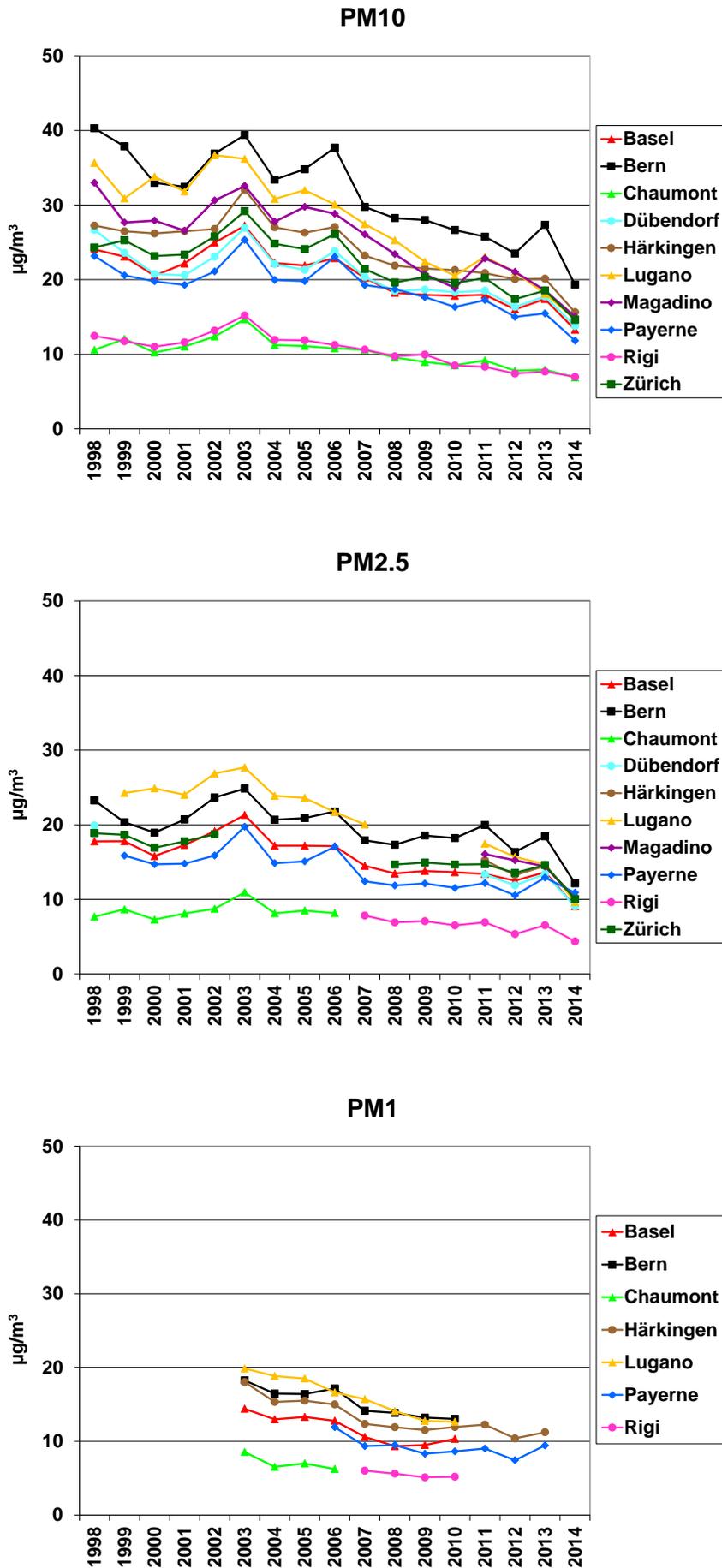


Fig. 2: Courbes pluriannuelles des moyennes annuelles de PM10, PM2.5 et PM1

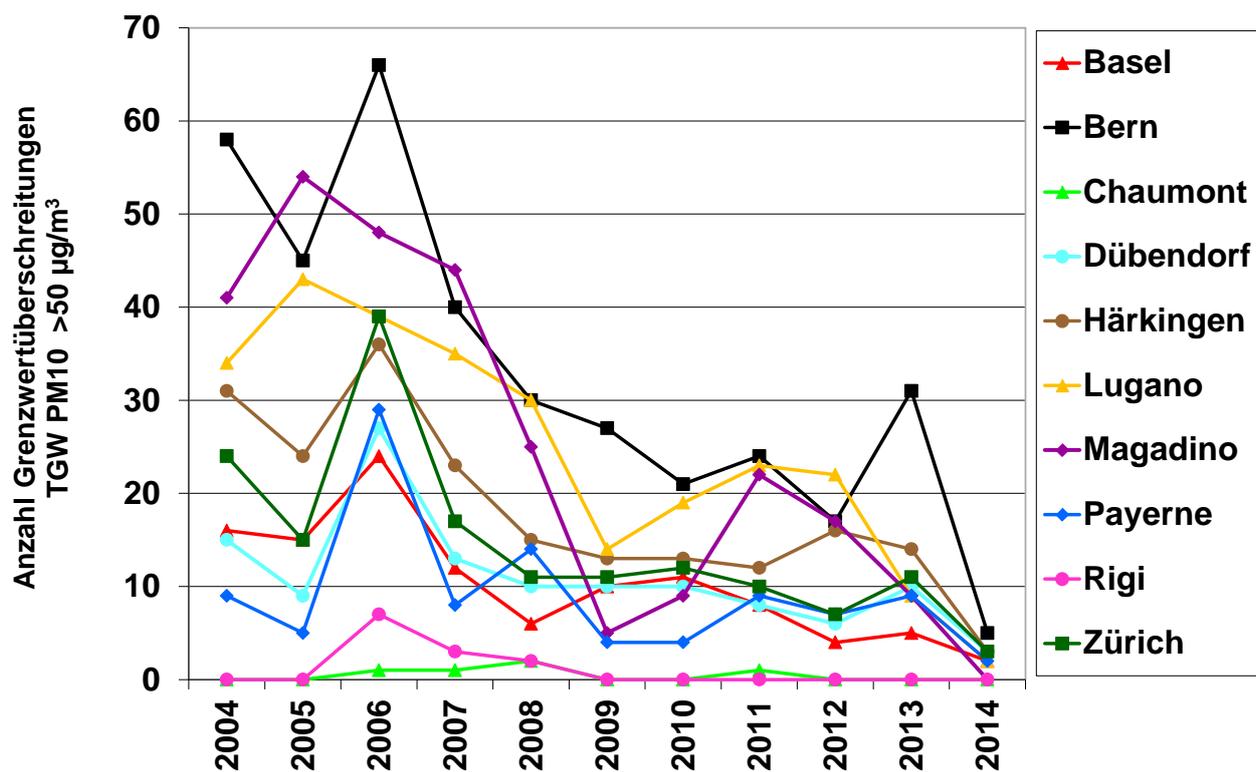


Fig 3: Courbes pluriannuelles du nombre annuel de dépassements de la valeur limite journalière ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Tab. 4: *Rapports PM2.5/PM10 moyens des moyennes journalières*

	BAS	BER	CHA	DUE	HAE	LUG	MAG	PAY	RIG	ZUE
1998	0.721	0.583	0.744							0.764
1999	0.772	0.551	0.782			0.771		0.777		0.747
2000	0.746	0.585	0.738			0.719		0.725		0.730
2001	0.777	0.646	0.736			0.731		0.757		0.763
2002	0.764	0.637	0.738			0.743		0.740		0.738
2003	0.760	0.643	0.766			0.767		0.751		
2004	0.762	0.622	0.772			0.743		0.716		
2005	0.766	0.618	0.782			0.705		0.733		
2006	0.719	0.578	0.799			0.700		0.711		
2007	0.706	0.607				0.707		0.621	0.754	
2008	0.713	0.613						0.605	0.732	0.720
2009	0.728	0.657						0.657	0.723	0.706
2010	0.772	0.669						0.683	0.815	0.751
2011	0.710	0.764		0.717	0.714	0.729	0.698	0.670	0.761	0.726
2012	0.726	0.688		0.696	0.654	0.716	0.694	0.672	0.701	0.742
2013	0.735	0.660		0.736	0.695	0.759	0.718	0.747	0.781	0.773
2014	0.699	0.599		0.650	0.678	0.674	0.648	0.676	0.725	0.671

Tab. 5: *Rapports PM2.5/PM10 des moyennes annuelles*

	BAS	BER	CHA	DUE	HAE	LUG	MAG	PAY	RIG	ZUE
1998	0.739	0.577	0.725							0.776
1999	0.771	0.538	0.720			0.785		0.772		0.738
2000	0.770	0.575	0.713			0.736		0.744		0.731
2001	0.780	0.638	0.735			0.755		0.767		0.762
2002	0.767	0.641	0.706			0.733		0.753		0.726
2003	0.783	0.631	0.745			0.765		0.780		
2004	0.773	0.619	0.724			0.775		0.744		
2005	0.785	0.601	0.766			0.738		0.763		
2006	0.749	0.578	0.756			0.722		0.740		
2007	0.716	0.602				0.730		0.645	0.738	
2008	0.739	0.613						0.634	0.710	0.748
2009	0.769	0.663						0.687	0.711	0.733
2010	0.765	0.684						0.706	0.767	0.752
2011	0.759	0.789		0.743	0.738	0.768	0.733	0.712	0.798	0.744
2012	0.768	0.709		0.730	0.654	0.757	0.740	0.713	0.745	0.776
2013	0.784	0.675		0.756	0.720	0.813	0.777	0.835	0.852	0.788
2014	0.684	0.629		0.659	0.656	0.741	0.677	0.664	0.626	0.687

Tab. 6: *Rapports PM1/PM10 moyens des moyennes journalières*

	BAS	BER	CHA	LUG	PAY	HAE	RIG
2003	0.572*	0.535*	0.619	0.615		0.600	
2004	0.591	0.497	0.656	0.605		0.591	
2005	0.599	0.494	0.670	0.574		0.602	
2006	0.572	0.473	0.631	0.546	0.539	0.559	
2007	0.534	0.485		0.557	0.504	0.527	0.618
2008	0.498	0.488		0.562	0.504	0.536	0.631
2009	0.517	0.469		0.554	0.463	0.528	0.565
2010	0.567	0.482		0.626	0.514	0.572	0.695
2011					0.515	0.584	
2012					0.513	0.528	
2013					0.600	0.561	
2014	**	**	**	**	**	**	**

* séries de mesure incomplètes, voir tableau 2

** arrêt des mesures de PM1 en 2014

Tab. 7: *Rapports PM1/PM10 des moyennes annuelles*

	BAS	BER	CHA	LUG	PAY	HAE	RIG
2003	0.529*	0.463*	0.581	0.548*		0.562	
2004	0.583	0.493	0.581	0.611		0.567	
2005	0.607	0.471	0.631	0.578		0.589	
2006	0.559	0.455	0.579	0.553	0.516	0.554	
2007	0.523	0.475		0.572	0.485	0.532	0.567
2008	0.512	0.490		0.558	0.506	0.544	0.576
2009	0.529	0.471		0.570	0.471	0.536	0.514
2010	0.579	0.489		0.616	0.528	0.561	0.610
2011					0.527	0.593	
2012					0.503	0.501	
2013					0.610	0.592	
2014	**	**	**	**	**	**	**

* séries de mesure incomplètes, voir tableau 2

** arrêt des mesures de PM1 en 2014

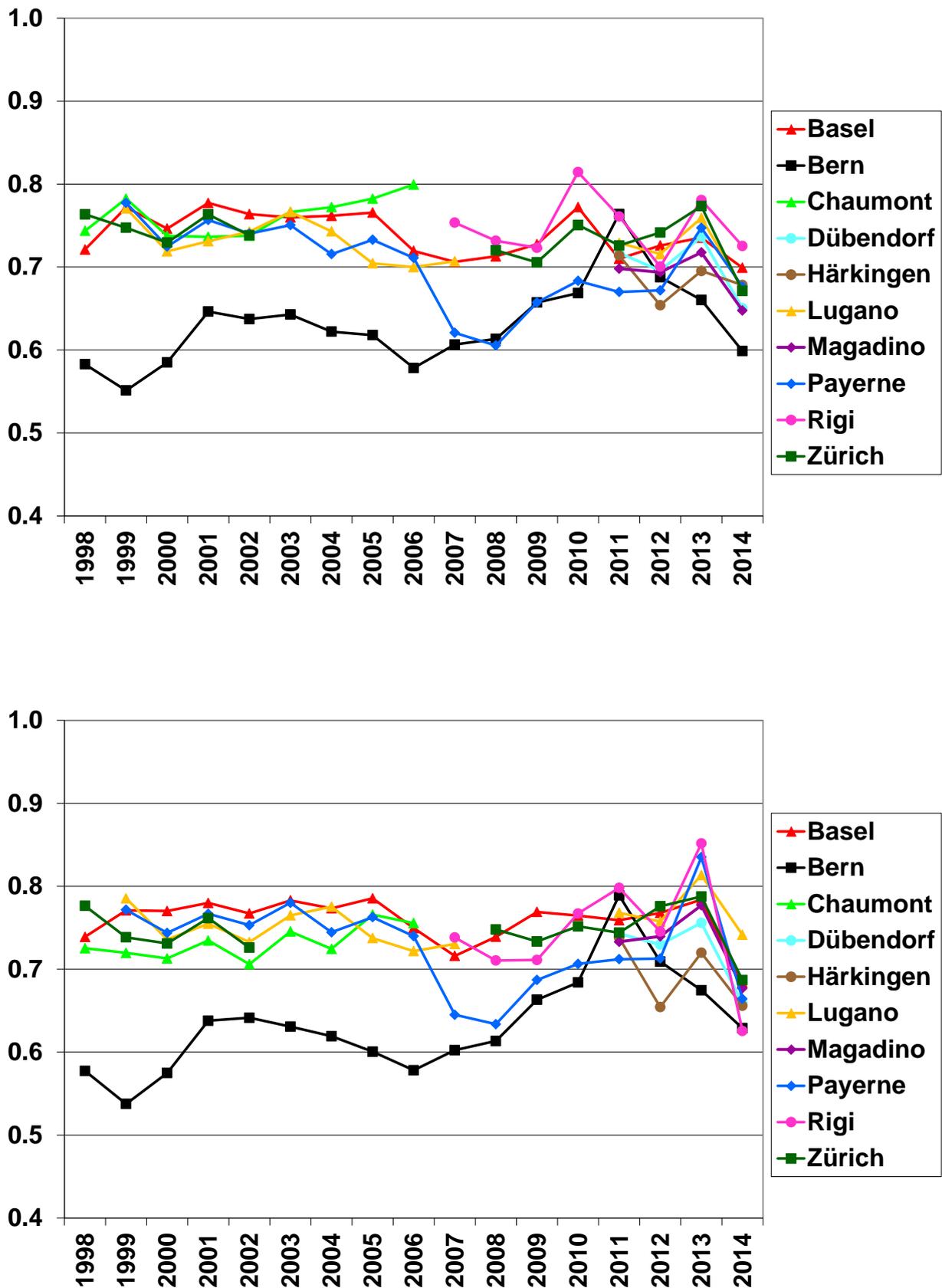


Fig 4: Courbes pluriannuelles des rapports PM2.5/PM10 moyens des valeurs journalières (en haut) et des rapports PM2.5/PM10 des moyennes annuelles (en bas)

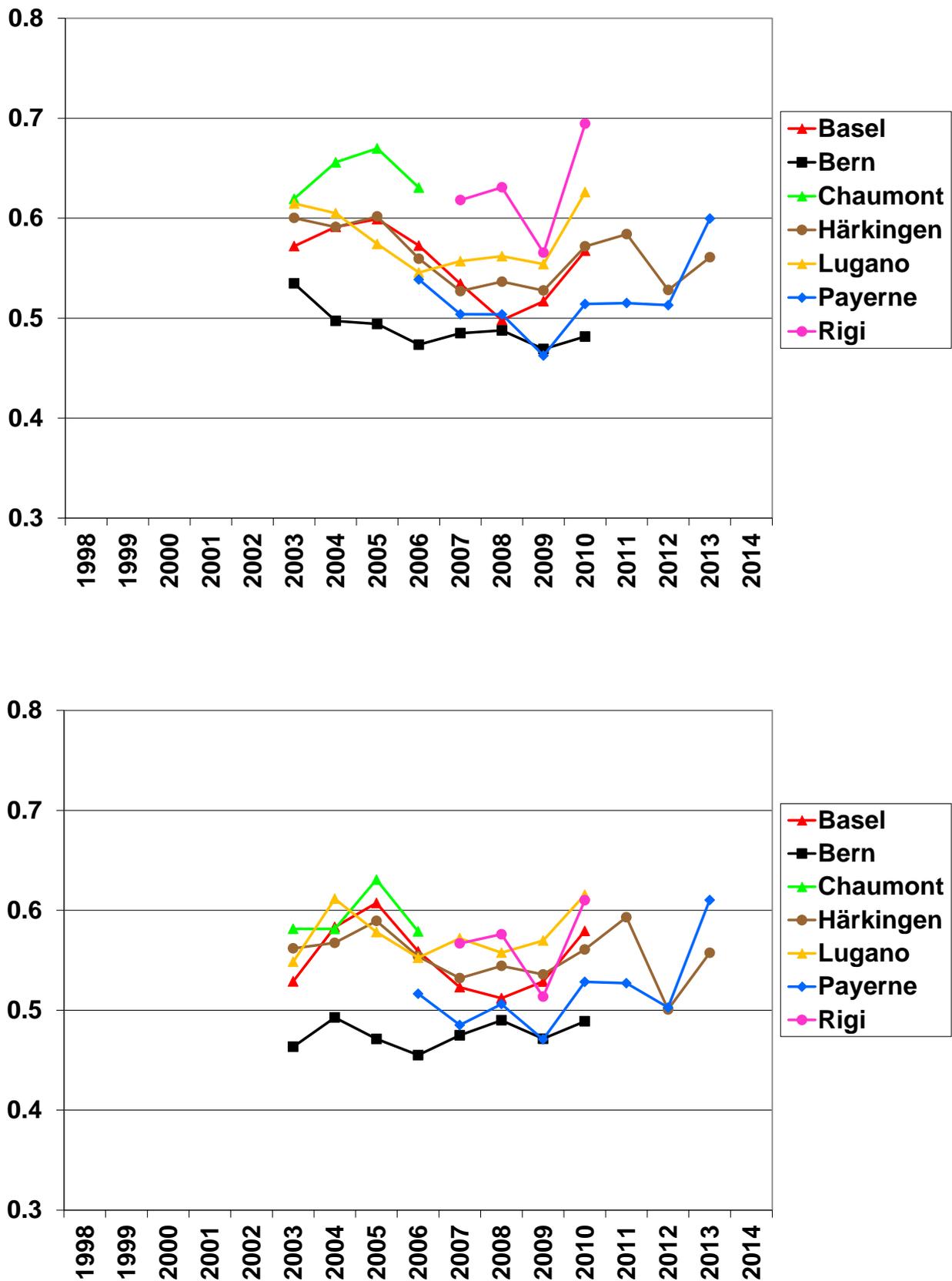


Fig. 5: Courbes pluriannuelles des rapports PM1/PM10 moyens des valeurs journalières (en haut) et des rapports PM1/PM10 des moyennes annuelles (en bas)

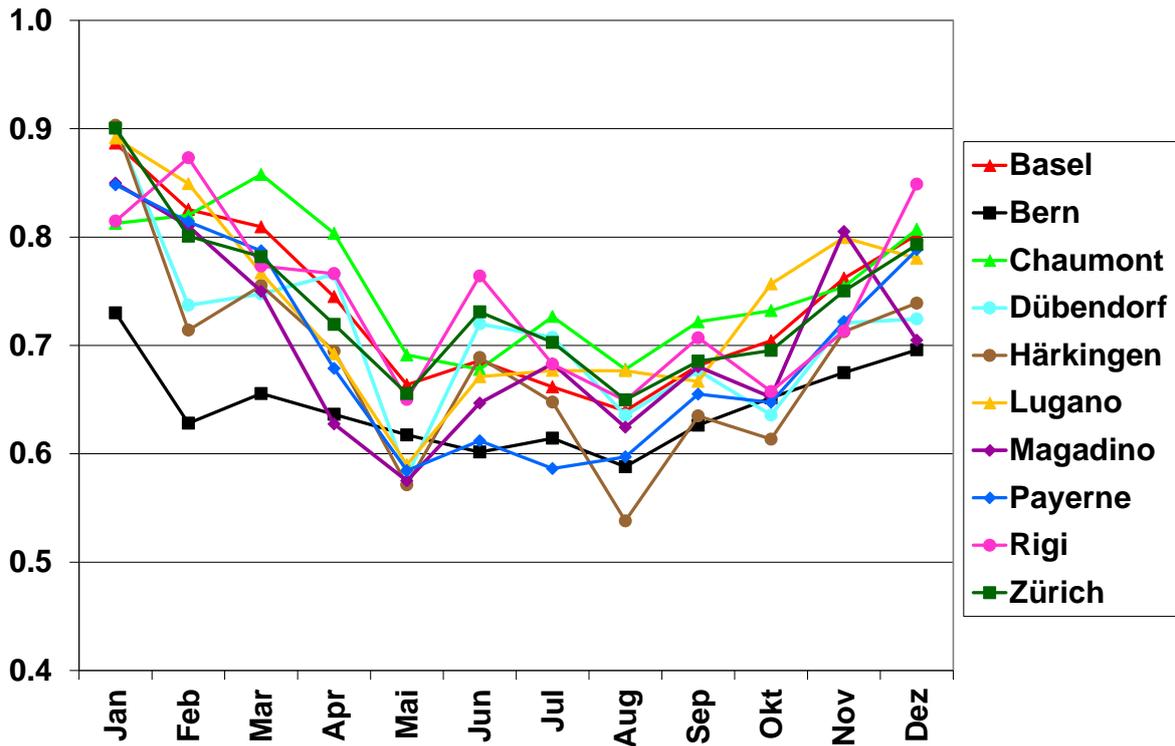


Fig. 6: Courbes annuelles moyennes des moyennes mensuelles des rapports PM2.5/PM10-au cours de la période 2003- 2014

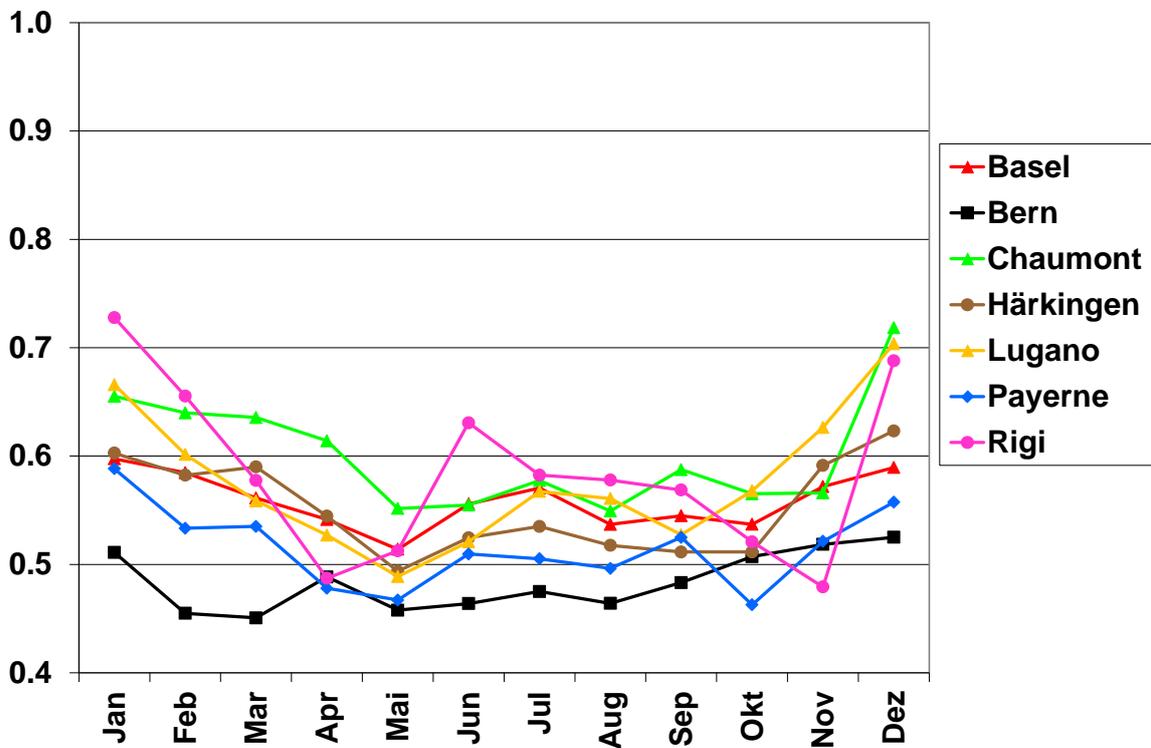


Fig. 7: Courbes annuelles moyennes des moyennes mensuelles des rapports PM1/PM10 au cours de la période 2003-2013

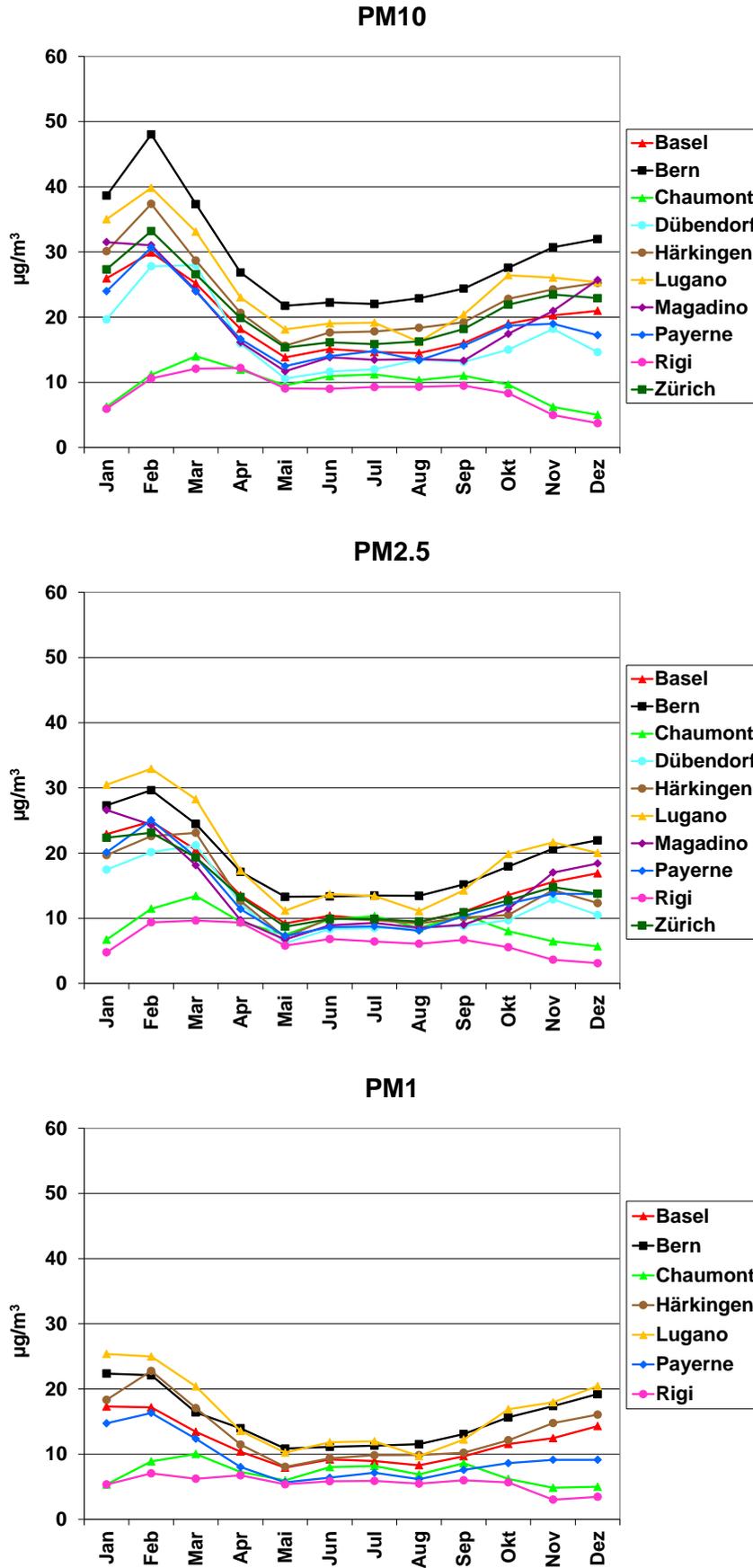


Fig. 8: Courbes annuelles moyennes des valeurs mensuelles de PM10, PM2.5 et PM1 à partir de 2003

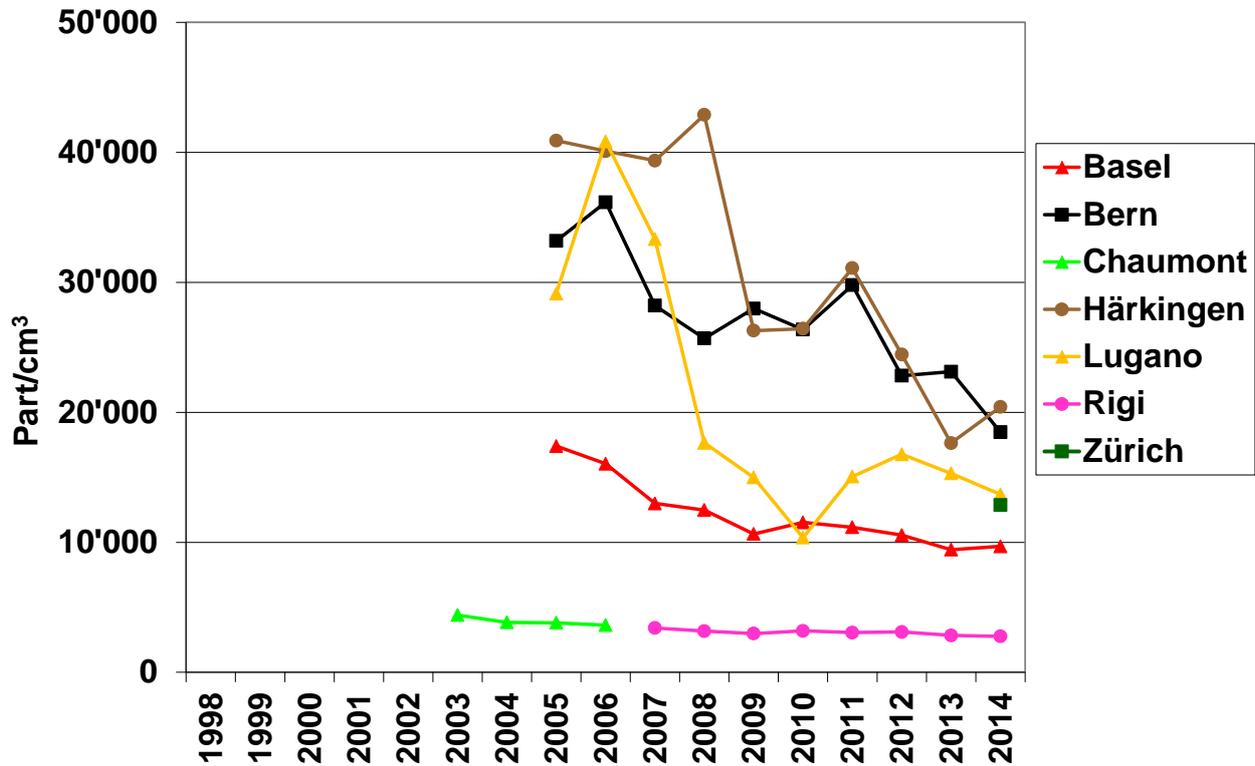


Fig. 9: Evolution des moyennes annuelles du nombre de particules depuis le début des séries de mesure. Sur les sites situés à proximité des sources de polluants de Berne, Lugano et Härkingen, on observe des variations importantes des concentrations numériques des particules en l'espace de quelques années. Ceci est probablement dû à des changements des activités des sources d'émissions à proximité immédiate des stations de mesure.

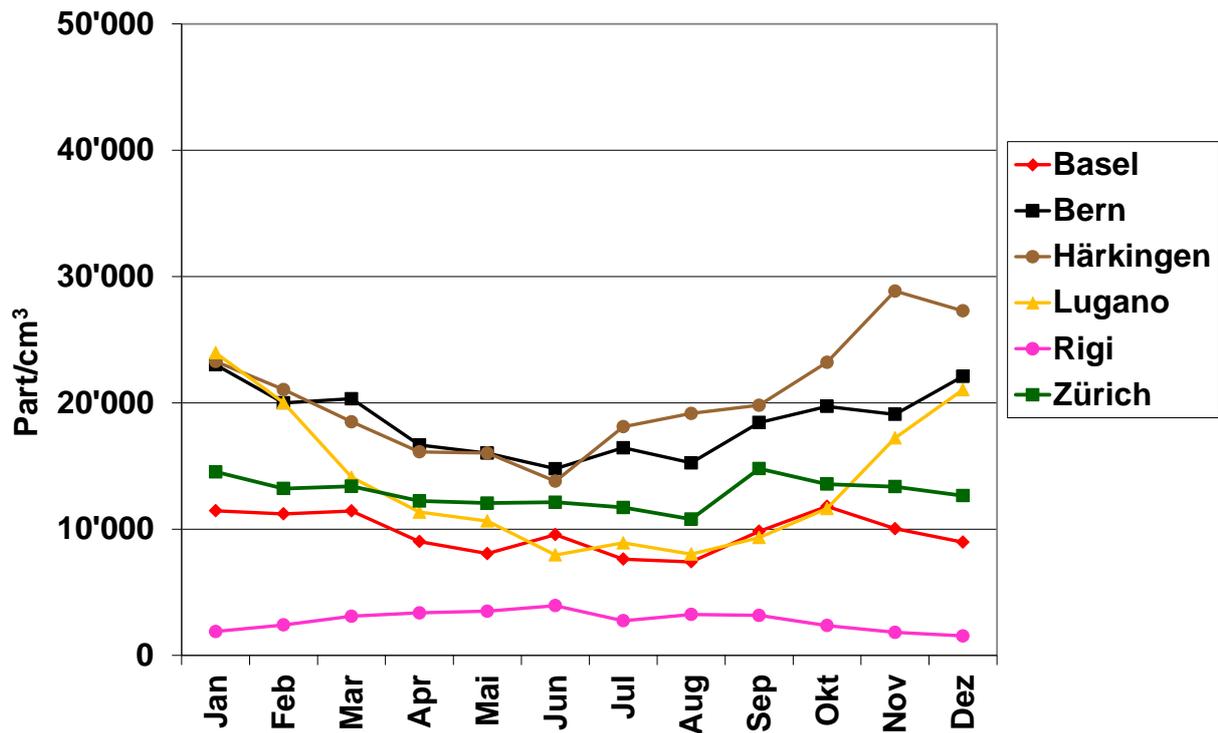


Fig. 10: Courbes annuelles des moyennes mensuelles des concentrations numériques de particules en 2014

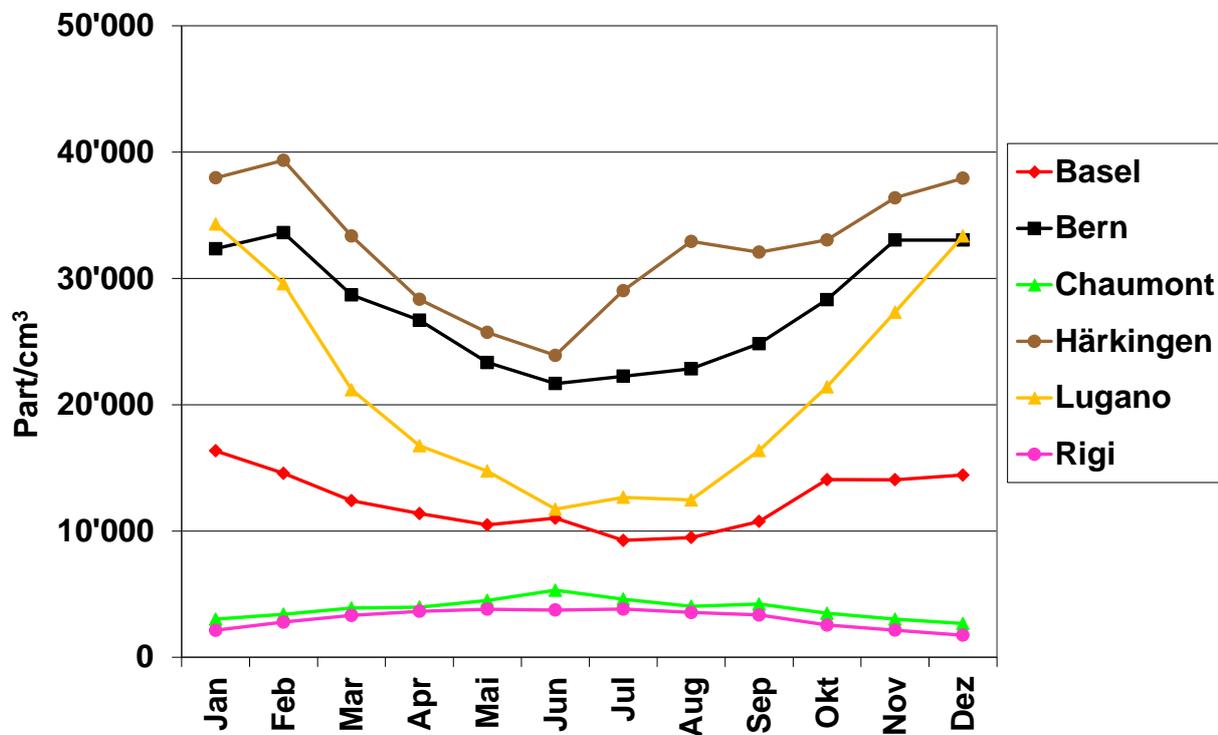


Fig. 11: Courbes annuelles moyennes des moyennes mensuelles des concentrations numériques des particules depuis le début des séries de mesure

4 Bibliographie

- CEN (2014). Air ambient — Méthode normalisée de mesurage gravimétrique pour la détermination de la concentration massique MP_{10} ou $MP_{2,5}$ de matière particulaire en suspension. EN 12341:2014.
- Empa (2015). Technischer Bericht zum Nationalen Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL) 2015; Dübendorf, Switzerland; www.empa.ch/nabel.
- Union européenne (2008). DIRECTIVE 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe. Journal officiel de l'Union européenne, L 152.
- Gehrig, R., Hueglin, C., Schwarzenbach, B., Seitz, T. and Buchmann, B. (2005). A new method to link PM_{10} concentrations from automatic monitors to the manual gravimetric reference method according to EN12341. Atmos. Environ. 39(12): 2213-2223.
- Hinds, W. C. (1999). Aerosol Technology; Properties, Behavior and Measurement of Airborne Particles. New York, John Wiley & Sons.
- OMS (2013). Review of Evidence on Health Aspects of Air Pollution – REVIHAAP Project. Final Technical Report. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen; www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-revihaap-project-final-technical-report.