

Campagne de mesure de la qualité de l'air à La Sagne 2022-2023



Rapport du 17 janvier 2024, version 2.0
Auteur : SENE – section bruit, air, chauffages et industries

Service de l'énergie et de l'environnement



Rue du Tombet 24
2034 Peseux



sene.immissions@ne.ch

Table des matières

1	Objectifs.....	2
2	Polluants et méthodes de mesure.....	2
2.1	Ozone (O ₃).....	2
2.2	Oxydes d'azote (NO _x).....	2
2.3	Poussières fines (PM10 et PM2.5).....	3
2.4	Incertitudes de mesure	3
3	Campagne de mesure 2022-2023	4
4	Valeurs limites et indices de pollution	5
4.1	Valeur limite d'immission (VLI)	5
4.2	Indice de pollution de l'air à court terme (IPC)	5
4.3	Indice de pollution de l'air à long terme (IPL)	6
5	Résultats.....	7
5.1	Résultat VLI	7
5.1.1	Résultat VLI NO ₂	8
5.1.2	Résultat VLI O ₃	9
5.1.3	Résultat VLI PM10, PM2.5	10
5.2	Résultat de l'IPC	11
5.2.1	Indices partiels (IPC)	12
5.3	Rose des vents.....	13
5.4	Résultat de l'IPL.....	14
5.5	Évolution temporelle des polluants.....	15
6	Conclusion.....	16

1 Objectifs

L'objectif principal de la campagne de mesure est de pouvoir faire un état de la qualité de l'air dans le village de La Sagne et tout particulièrement de l'évolution des concentrations en ozone (O_3). Le village de la Sagne situé dans le canton de Neuchâtel se retrouve en zone rurale sans industrie génératrice de polluants primaires aux alentours qui peuvent former ou décomposer l'ozone. Dans ce contexte, l'hypothèse émise est que les concentrations en ozone en période estivale dans l'air sont relativement élevées voir pouvant dépasser les normes fixées dans l'Ordonnance sur la Protection de l'air (OPair).

2 Polluants et méthodes de mesure

2.1 Ozone (O_3)

L'ozone est un polluant qui, respiré en grande quantité, est toxique et provoque des irritations des voies pulmonaires. Les impacts négatifs sur les productions agricoles sont plus que significatifs.

L'ozone se forme à partir notamment d'oxydes d'azote (NO_x) et de composés organiques volatils sous l'action du rayonnement solaire. Instable, l'ozone tend à se décomposer naturellement en oxygène O_2 . Cette dernière réaction est nettement favorisée par la présence d'autres polluants atmosphériques comme les oxydes d'azote.

L'ozone est aussi un gaz à effet de serre.

D'une façon générale, les VLI (Valeurs limites d'immission) d'ozone sont régulièrement dépassées particulièrement en période estivale (mars à septembre).

La méthode de mesure de l'ozone est basée sur le principe de mesure de la photométrie UV.

L'analyseur d'absorption UV modèle 400E de Teledyne utilise un système basé sur la loi de Beer-Lambert pour mesurer les faibles concentrations d'ozone dans l'air ambiant.

Un signal lumineux UV de 254 nm traverse la cellule d'échantillonnage où il est absorbé en proportion de la quantité d'ozone présente. Périodiquement, une vanne de commutation alterne la mesure entre le flux d'échantillon et un échantillon qui a été nettoyé de l'ozone. Le résultat est une mesure d'ozone vraie et stable.

2.2 Oxydes d'azote (NO_x)

Les oxydes d'azote (NO_x) sont essentiellement constitués du monoxyde d'azote (NO) et du dioxyde d'azote (NO_2). L'OPair limite les émissions de NO_x qui résultent de phénomènes de combustion à haute température, et les immissions de NO_2 , lesquels découlent de l'oxydation du NO dans l'atmosphère. Le dioxyde d'azote cause des inflammations des voies respiratoires, diminue les fonctions pulmonaires, renforce l'action irritante des allergènes et augmente les cas de troubles du rythme cardiaque. De plus les NO_x participent à la formation de l'ozone, aux pluies acides et à la surfertilisation des écosystèmes. La combustion à haute température génère des oxydes d'azote. Les émissions proviennent majoritairement du trafic routier, des systèmes de chauffage à combustion, des industries puis de l'agriculture.

La méthode de mesure des NO_x (NO, NO_2) est basée sur le principe de mesure de la chimiluminescence.

L'analyseur de NO/ NO_2 / NO_x modèle 200E de Teledyne utilise le principe éprouvé de détection par chimiluminescence, associé à une électronique de pointe pour permettre des mesures précises et fiables de faibles niveaux pour une utilisation en tant qu'analyseur ambiant.

2.3 Poussières fines (PM10 et PM2.5)

Des VLI sont fixées pour les PM10 (particules d'un diamètre inférieure à 10µm) et pour les PM2.5 (particules d'un diamètre inférieure à 2.5µm).

Les poussières fines se composent de particules « primaires » émises directement à la source, ainsi que de particules « secondaires » issues de la transformation ou de coagulation dans l'atmosphère par l'interaction avec des gaz précurseurs. Elles résultent de mécanismes de frottement et d'abrasion (rail, pneus, freins, travaux de chantier) et de mécanismes de combustion (moteurs thermiques des véhicules, machines de chantier, chauffages, incinérations industrielles et autres feux).

Le moniteur de poussière APDA-372 d'Horiba est spécialement conçu pour les mesures de la qualité de l'air intérieur et extérieur et fournit des mesures continues et simultanées des PM1, PM2.5, des fractions respirables (PM4), des fractions thoraciques (PM10), des fractions inhalables (TSP) et du nombre de particules. L'APDA-372 utilise la technologie de mesure reconnue de la diffusion optique de la lumière. Le système est également équipé d'un porte-filtre pour l'insertion d'un filtre absolu. L'utilisateur peut ainsi effectuer sur place une corrélation gravimétrique ou une analyse ultérieure de la composition de l'aérosol. L'APDA-372 est, en outre, équipé de capteurs permettant de mesurer les conditions environnementales, telles que la température, la pression atmosphérique et l'humidité relative.

2.4 Incertitudes de mesure

L'incertitude de mesure est estimée à 15% maximum avec une intervalle de confiance de 95%.

3 Campagne de mesure 2022-2023

La station de mesure a été placée sur le parking de la gare de La Sagne. Cette position stratégique, proche de la route principale et du trafic ferroviaire qui représentent les sources principales d'émissions avec les chauffages, offre un point de mesure intéressant au centre du village.

Ci-dessous, la Figure 1 montre la position de la station de mesure sur une vue aérienne ainsi que la représentation graphique de la vitesse, de la direction et de la fréquence des vents (rose des vents) :



Figure 1 - Vue aérienne et rose des vents

La campagne de mesure a débuté le 1^{er} septembre 2022 et a pris fin le 31 août 2023.

4 Valeurs limites et indices de pollution

Les indices de pollution de l'air à court (IPC)¹ et long terme (IPL) s'appuient principalement sur les valeurs limites légales de l'Ordonnance fédérale sur la protection de l'air (OPair), sur le Concept d'information et d'intervention de la DTAP (DTAP, 2006), ainsi que sur les connaissances relatives aux effets sur la santé des indicateurs individuels de pollution.

4.1 Valeur limite d'immission (VLI)

Les valeurs limites d'immission² ont été fixées par le Conseil fédéral sur la base des critères de la LPE, de sorte que, lorsqu'elles sont respectées, les hommes, les animaux, les plantes, les sols, etc. sont protégés contre toute atteinte nuisible ou incommode due à la pollution atmosphérique. Si ces valeurs sont dépassées, les pouvoirs publics sont tenus de prendre des mesures appropriées.

Substance	VLI	Unité	Définition
NO ₂	30	µg/m ³	Moyenne annuelle
	100	µg/m ³	95 percentile des moyennes ½ horaire d'une année
	80	µg/m ³	Moyenne 24h, 1 dépassement max
O ₃	100	µg/m ³	98 percentile des moyennes ½ horaire d'un mois
	120	µg/m ³	Moyenne horaire, 1 dépassement max
PM10	20	µg/m ³	Moyenne annuelle
	50	µg/m ³	Moyenne 24h, 3 dépassements max
PM2.5	10	µg/m ³	Moyenne annuelle

Figure 2 - Valeurs limites d'immissions (VLI)

4.2 Indice de pollution de l'air à court terme (IPC³)

Comme son nom l'indique, l'IPC donne une information sur la pollution de l'air actuelle. C'est pourquoi il est important de suivre l'évolution de la charge polluante au plus près. Le calcul est donc réalisé chaque heure, sur la base des dernières données mesurées. L'indice IPC est défini par l'indice partiel le plus élevé.

IPC	Pollution	PM10 µg/m ³	O ₃ µg/m ³	NO ₂ µg/m ³
6	très élevée	> 100	> 240	> 160
5	élevée	76 - 100	181 - 240	121 - 160
4	marquée	57 - 75	136 - 180	91 - 120
3	significative	51 - 56	121 - 135	81 - 90
2	modérée	26 - 50	61 - 120	41 - 80
1	faible	0 - 25	0 - 60	0 - 40

Grille d'appréciation de l'IPC (NO₂ et PM10: valeur moyenne journalière glissante des dernières 24h, O₃: valeur moyenne horaire de la dernière heure pleine).

Figure 3 - Grille d'appréciation de l'IPC

¹ <https://cerclair.ch/fr/empfehlungen>

² <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/air/info-specialistes/qualite-de-l-air-en-suisse/valeurs-limites-pour-la-pollution-de-lair/valeurs-limites-dimmission-fixees-dans-lordonnance-sur-la-protec.html>

³ https://cerclair.ch/assets/pdf/27a_2020-12-23_F_Indice_de_pollution_de_lair_court_terme.pdf

4.3 Indice de pollution de l'air à long terme (IPL⁴)

Comme l'indice de pollution de l'air à court terme (IPC), l'IPL est calculé sur la base des données mesurées pour l'ozone, le dioxyde d'azote et les PM10. Contrairement à l'IPC, l'objectif premier de l'IPL n'est pas de servir l'actualité, mais plutôt de caractériser l'état de pollution de l'air moyen, respectivement chronique. C'est pourquoi, l'IPL est calculé à partir des données mesurées au cours des 12 derniers mois.

La détermination de l'indice de pollution de l'air à long terme (IPL) s'effectue en deux étapes :

1. Détermination d'indices partiels pour les polluants indicateurs PM10, NO₂ et O₃

Les valeurs annuelles mesurées pour chaque polluant sont comparées à la valeur limite annuelle correspondante (PM10, NO₂, 98 percentile O₃). Suivant le rapport obtenu, un indice partiel est établi pour chaque polluant indicateur selon le tableau ci-dessous :

Niveau	Description	Poussières fines PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dioxyde d'azote NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ozone 98 percentile O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
		Rapport vis-à-vis de la valeur limite annuelle		
6	très élevée	> 1.5		
5	élevée	> 1.25 - ≤ 1.5		
4	marquée	> 1.0 - ≤ 1.25		
3	significative	> 0.75 - ≤ 1.0		
2	modérée	> 0.5 - ≤ 0.75		
1	faible	0 - ≤ 0.5		

Valeur limite annuelle	20	30	100
------------------------	----	----	-----

Facteur de pondération	4.5	4.5	1
------------------------	-----	-----	---

Figure 4 - Détermination d'indices partiels IPL

2. Élaboration d'une valeur moyenne pondérée

Les indices partiels obtenus selon le tableau 1 sont multipliés pour chaque polluant par le facteur de pondération correspondant, puis les résultats sont sommés, le total est alors divisé par la somme des facteurs de pondération. De cette valeur moyenne pondérée résulte l'indice de pollution à long terme IPL selon la règle d'arrondissement présentée dans le tableau ci-dessous.

IPL	Pollution	Moyenne pondérée
6	très élevée	> 5.5
5	élevée	> 4.5 - ≤ 5.5
4	marquée	> 3.5 - ≤ 4.5
3	significative	> 2.5 - ≤ 3.5
2	modérée	> 1.5 - ≤ 2.5
1	faible	0 - ≤ 1.5

Figure 5 - Grille d'appréciation de l'IPL

⁴ https://cerclair.ch/assets/pdf/27a_2020-12-23_F_Indice_de_pollution_de_lair_court_terme.pdf

5 Résultats

5.1 Résultat VLI

À la lecture du tableau ci-dessous, on constate que pour le site de mesure de La Sagne, seuls des dépassements d'ozone ont été observés. Les valeurs d'immissions des dioxydes d'azote et de poussières sont inférieures à celles mesurées à Neuchâtel, le long de l'avenue de la gare, ce qui n'est pas vraiment une surprise puisque le site de La Sagne, bien qu'exposé au trafic par la route principale qui traverse le village, est rurale alors que le centre-ville de Neuchâtel est de type suburbain.

En ce qui concerne l'ozone, le mois de septembre 2022 et la période de mai 2023 à août 2023, présentent des dépassements des valeurs limites d'immissions.

Substances	Paramètre	Unité	La Sagne (2022-2023)	Neuchâtel (2022-2023)	VLI	
NO ₂	Moy. Ann.	µg/m ³	4.5	17.4	30 µg/m ³	
	Percentile 95	µg/m ³	14.3	45.3	100 µg/m ³	
	Nb ^{jour} >80 µg/m ³ (1 Dép/an)	nb	0	0	80 µg/m ³	
O ₃	Moy. Ann.	µg/m ³	64.2	54.6	NA	
	Percentile 98	Septembre 22	µg/m ³	101.5	96.6	100 µg/m ³
		Octobre 22	µg/m ³	78.8	69.6	
		Novembre 22	µg/m ³	76.4	65.2	
		Décembre 22	µg/m ³	79.0	68.0	
		Janvier 22	µg/m ³	82	72.2	
		Février 23	µg/m ³	89.6	74.6	
		Mars 23	µg/m ³	95.2	85.2	
		Avril 23	µg/m ³	98.6	91.0	
		Mai 23	µg/m ³	123.9	122.8	
		Juin 23	µg/m ³	135.7	136.6	
		Juillet 23	µg/m ³	110.2	109.8	
	Aout 23	µg/m ³	111.0	121.4		
Nb ^{heure} >120 µg/m ³ (1Dép/an)	nb	209	206	120 µg/m ³		
PM10	Moy. Ann.	µg/m ³	9.3	12.2	20 µg/m ³	
	Nb ^{jour} >50 µg/m ³ (3 Dép/an)	µg/m ³	0	0	50 µg/m ³	
PM2.5	Moy. Ann.	µg/m ³	5.9	8.4	10 µg/m ³	

Figure 6 - Tableau des résultats des valeurs limites d'immissions (VLI)

5.1.1 Résultat VLI NO₂

Les valeurs de dioxyde d'azote respectent les VLI. Les résultats de la campagne de mesure à La Sagne sont particulièrement bons avec les concentrations les plus basses mesurées dans le canton.

NO₂ - Moyenne annuelle

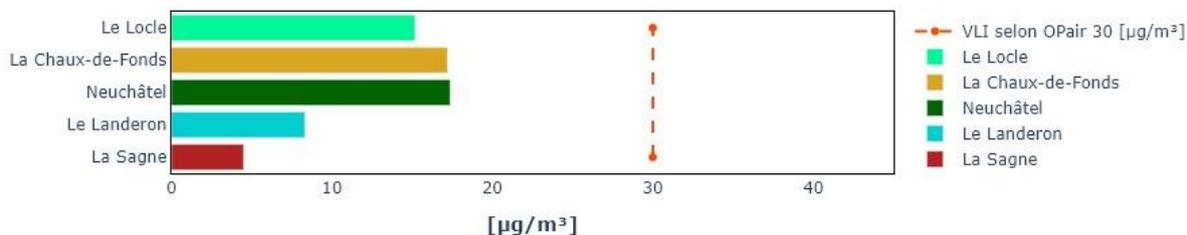


Figure 7 - NO₂ - Moyenne annuelle

NO₂ - Percentile 95

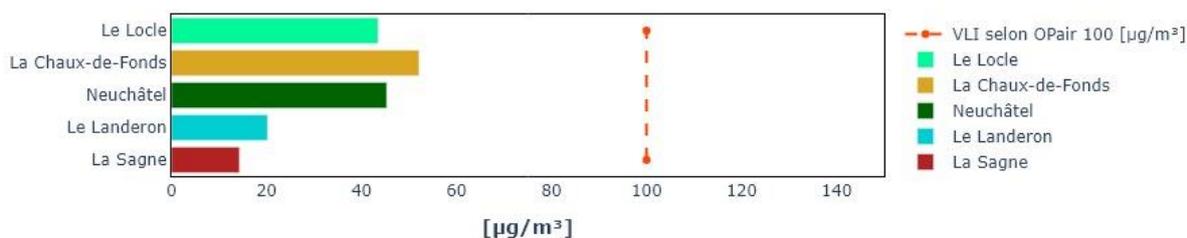


Figure 8 - NO₂ - Percentile 95

NO₂ - Valeur journalière max

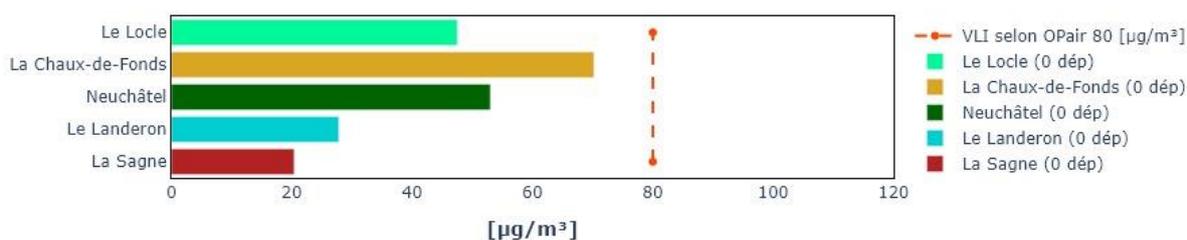


Figure 9 - NO₂ - Valeur journalière maximum

5.1.2 Résultat VLI O₃

Les VLI d'ozone sont régulièrement dépassées particulièrement en période estivale et sur toutes les stations du canton, 209 heures de dépassement de la VLI de 120 µg/m³ contre 1 heure autorisée ont été enregistrées par la station mobile à La Sagne pour cette campagne. Ces concentrations élevées ne sont pas issues d'émissions provenant du village de La Sagne. L'ozone se déplace et a tendance à s'accumuler dans des zones avec peu de polluants primaire qui décomposent cette molécule.

O₃ - Percentile 98 mensuel

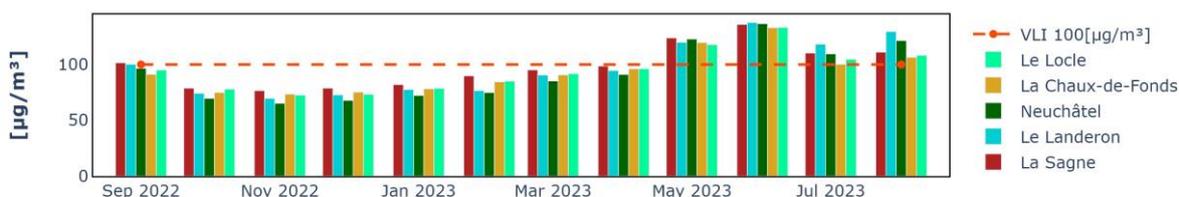


Figure 10 - O₃ - Percentile 98 mensuel

O₃ - Valeur horaire max

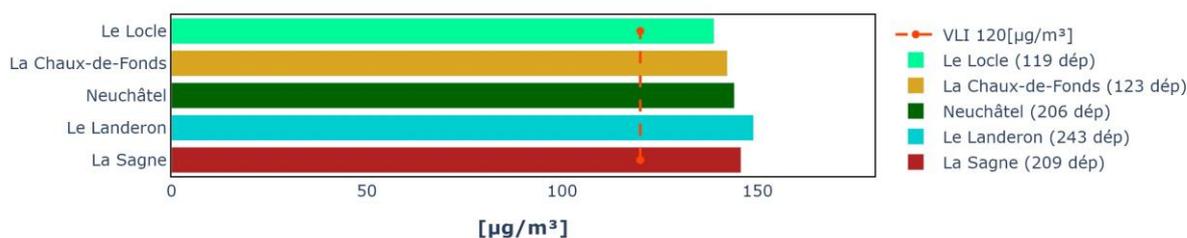


Figure 11 - O₃ - Valeur horaire maximum

5.1.3 Résultat VLI PM10, PM2.5

Les valeurs de poussières fines respectent les VLI avec des résultats légèrement inférieurs aux autres stations de mesure du canton.

PM10 - Moyenne annuelle

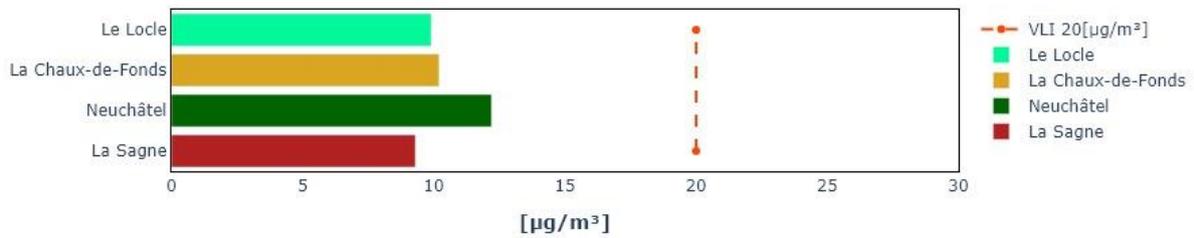


Figure 12 - PM10 - Moyenne annuelle

PM10 - Valeur journalière max

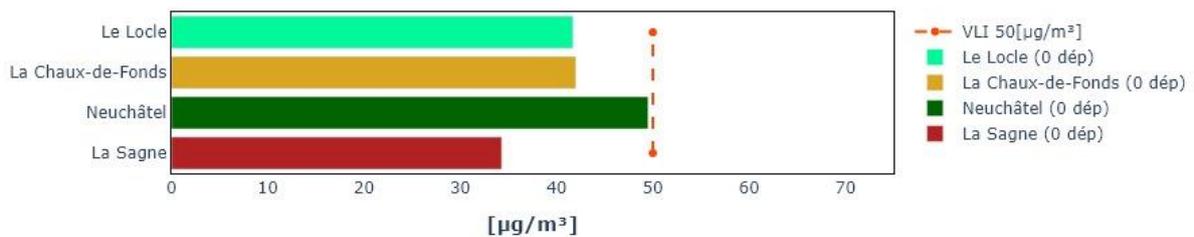


Figure 13 - PM10 - Valeur journalière maximum

PM2.5 - Moyenne annuelle

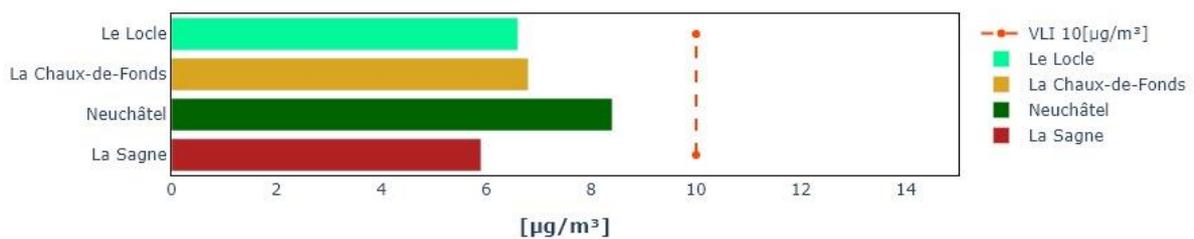


Figure 14 - PM2.5 - Moyenne annuelle

5.2 Résultat de l'IPC

Les indices de pollution à court terme de la station de Neuchâtel et de La Sagne sont très similaires. L'indice partiel d'ozone domine l'IPC, on constate, sur la Figure 15 - IPC - La Sagne, que la qualité de l'air est meilleur en période hivernale où les concentrations d'ozone sont plus faibles.

IPC – La Sagne

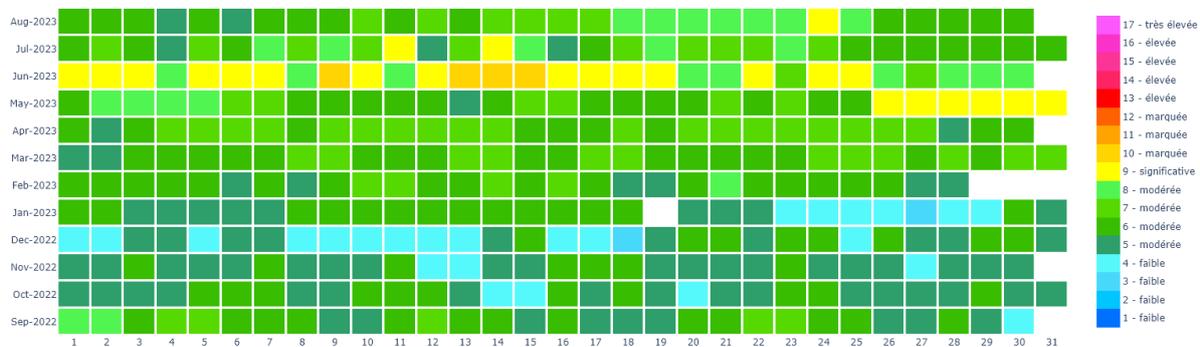


Figure 15 - IPC - La Sagne

IPC - Neuchâtel

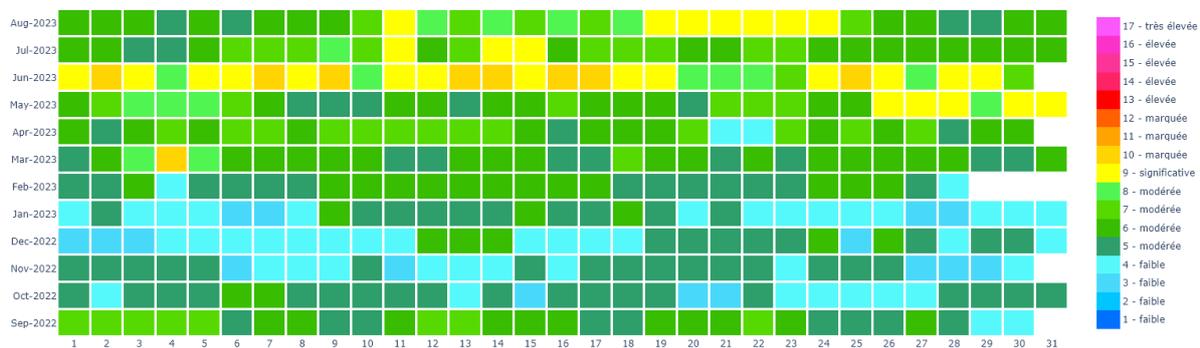


Figure 16 - IPC - Neuchâtel

5.2.1 Indices partiels (IPC)

L'indice IPC est défini par l'indice partiel le plus élevé, les indices partiels reflètent quel est le polluant dominant selon le calendrier. La Figure 18 - IPC partiel O₃ - La Sagne est clairement l'indice partiel dominant.

IPC partiel – NO₂ - La Sagne

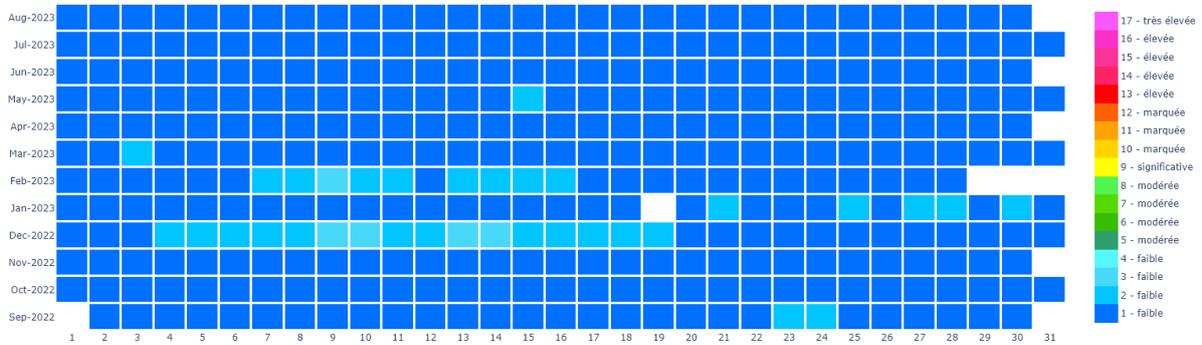


Figure 17 - IPC partiel NO₂ - La Sagne

IPC partiel – O₃ – La Sagne

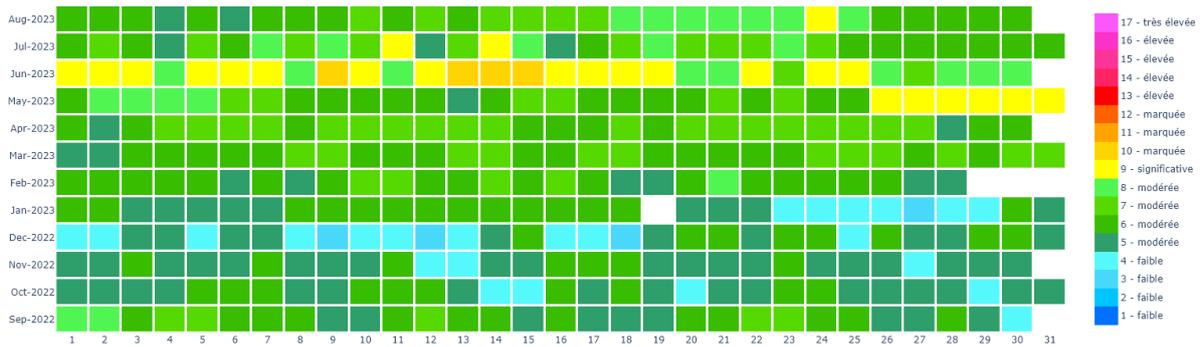


Figure 18 - IPC partiel O₃ - La Sagne

IPC partiel – PM10 – La Sagne

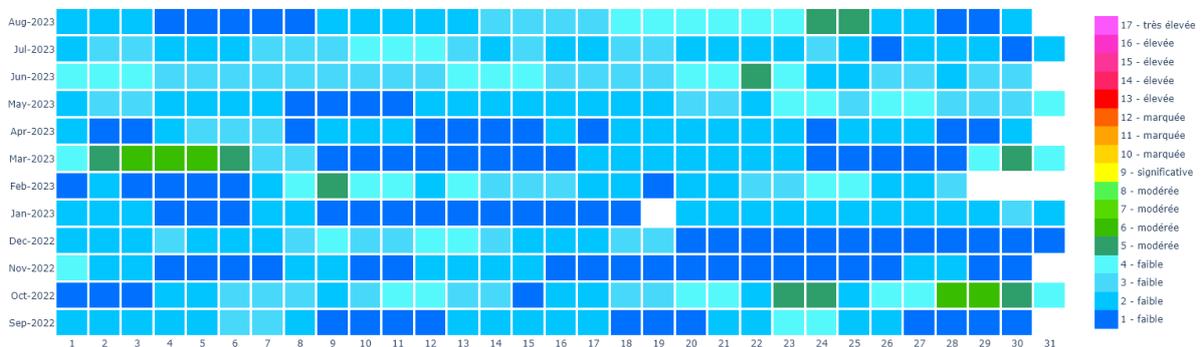


Figure 19 - IPC partiel PM10 - La Sagne

5.3 Rose des vents

La rose des vents (Figure 20 - Vitesse, direction et fréquences des vents) correspond au couloir de La Sagne. L'école au Nord-Est a pu perturber les mesures de vents dans cette direction.

Les quelques pics de NO₂, observés sur la Figure 21 – NO₂ Provenance et concentration, sont principalement dus aux camions de la décharge au pied de la station de mesure mobile. La rose de pollution est corrélée à la rose des vents.

En ce qui concerne l'ozone (Figure 22 - O₃ Provenance et concentration), la provenance du polluant correspond à une présence des concentrations homogènes dans les masses d'air, la direction Nord-Est est très certainement perturbée par le bâtiment de l'école de La Sagne.

Pour les poussières fines (Figure 23 - PM10 Provenance et concentration), on observe une corrélation avec la rose des vents, les quelques concentrations plus élevées sont influencées par la route passant à travers le village, les camions et activités de la décharge, ainsi que les chauffages aux bois du village.

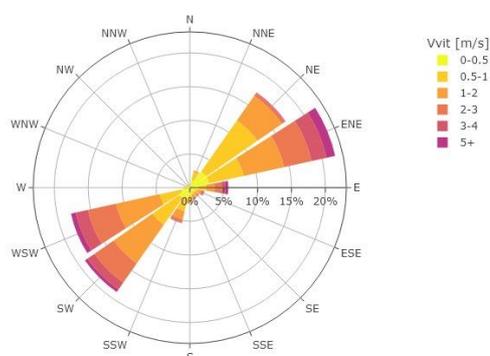


Figure 20 - Vitesse, direction et fréquences des vents

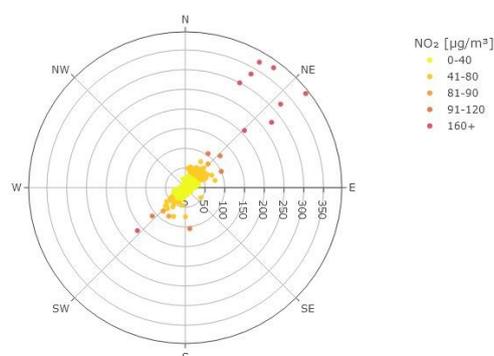


Figure 21 – NO₂ Provenance et concentration

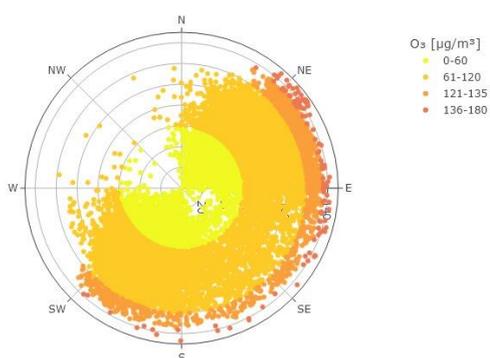


Figure 22 - O₃ Provenance et concentration

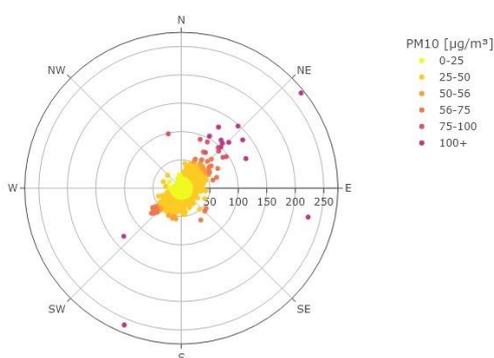


Figure 23 - PM10 Provenance et concentration

5.4 Résultat de l'IPL

Calcul de l'IPL pour la période de la campagne de mesure 2022-2023 à La Sagne :

	PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	NO ₂ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	O ₃ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Valeurs limites annuelles	20	30	100
Valeurs mesurées	9.3	4.4	134
Indice partiel	$9.3/20 = 0.47$ → Indice 1 (faible)	$4.4/30 = 0.15$ → Indice 1 (faible)	$134/100 = 1.34$ → Indice 5 (élevé)
Moyenne pondérée	$(4.5 \times 1 + 4.5 \times 1 + 1 \times 5) / (4.5 + 4.5 + 1) = 1.4$ → Indice 1 (pollution de l'air faible)		

Figure 24 - Calcul de l'IPL - La Sagne

Comme pour l'IPC, l'IPL montre que l'ozone est le polluant qui péjore le plus la qualité de l'air à La Sagne. Cependant comme il s'agit ici de moyennes annuelles, que l'ozone n'est pas un problème lors de périodes peu ensoleillées (généralement d'octobre à mars) et que les autres polluants (en valeur annuelle) sont moins problématiques, l'IPL pour La Sagne est excellent avec un indice « faible ».

La Figure 25 - Évolution de l'IPL représente l'évolution de l'indice de pollution à long terme depuis 2008 :



Figure 25 - Évolution de l'IPL

5.5 Évolution temporelle des polluants

Les graphiques ci-dessous représentent l'évolution des différents polluants mesurés par les stations du canton depuis 2008. Une nette tendance à la baisse est notable pour les 3 polluants principaux. Les mesures de la Sagne ont une moyenne annuelle des NO₂ particulièrement basse.

NO₂ évolution moyennes annuelles

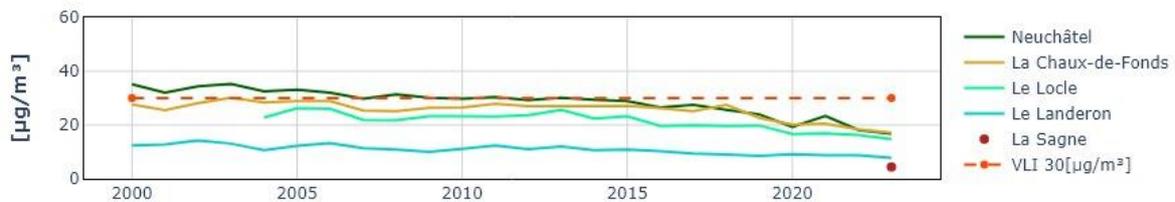


Figure 26 - NO₂ évolution des moyennes annuelles

PM10 évolution moyennes annuelles

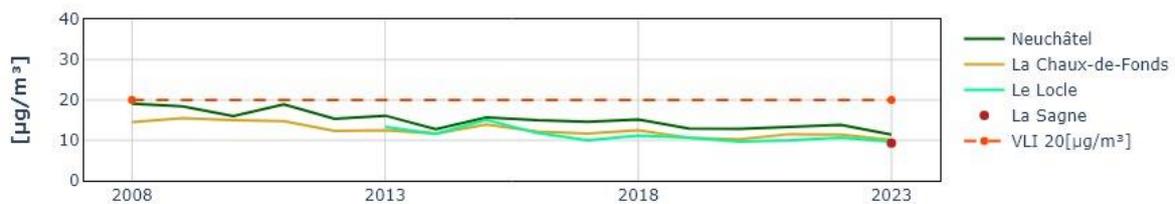


Figure 27 - PM10 évolution des moyennes annuelles

O₃ évolution des percentiles 98 mensuels max

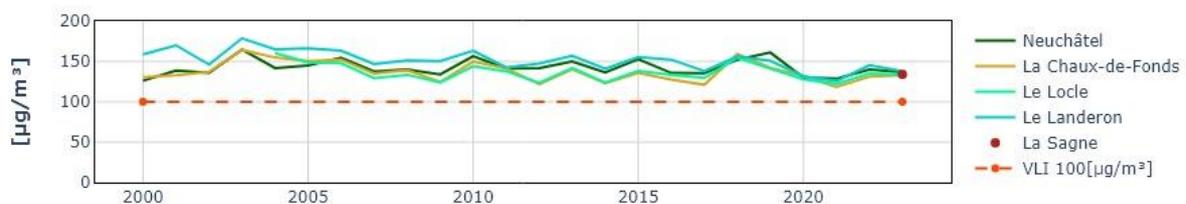


Figure 28 - O₃ Évolution des percentiles 98 mensuels maximums

6 Conclusion

La mesure de la qualité de l'air à La Sagne pendant 1 année (du 1^{er} septembre 2022 au 31 août 2023) montre un respect des limites d'immissions pour les oxydes d'azote et les poussières fines mais des dépassements réguliers d'ozone.

Les résultats des mesures d'ozone, bien que trop élevés, sont plus faibles qu'attendu. Les très faibles concentrations de polluants primaires correspondent aux mesures d'un site rural et devraient avoir pour effet une faible décomposition de la molécule d'ozone et donc une stabilisation des concentrations. La Sagne est particulièrement bien ventilée par son couloir qui a certainement un effet de dilution sur les concentrations d'ozone.

Les faibles concentrations de poussières fines représentent principalement une pollution de fonds couplées aux quelques faibles émissions locales.