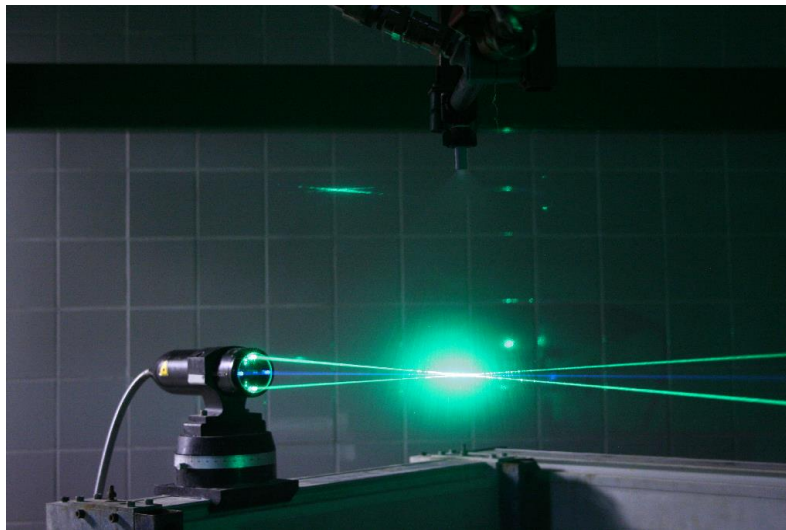
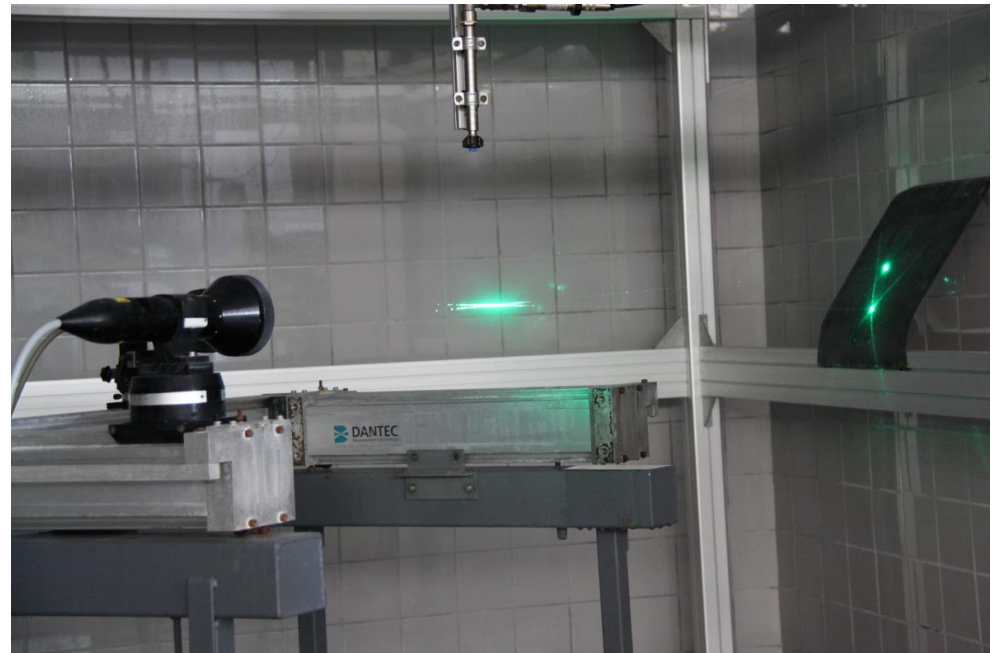
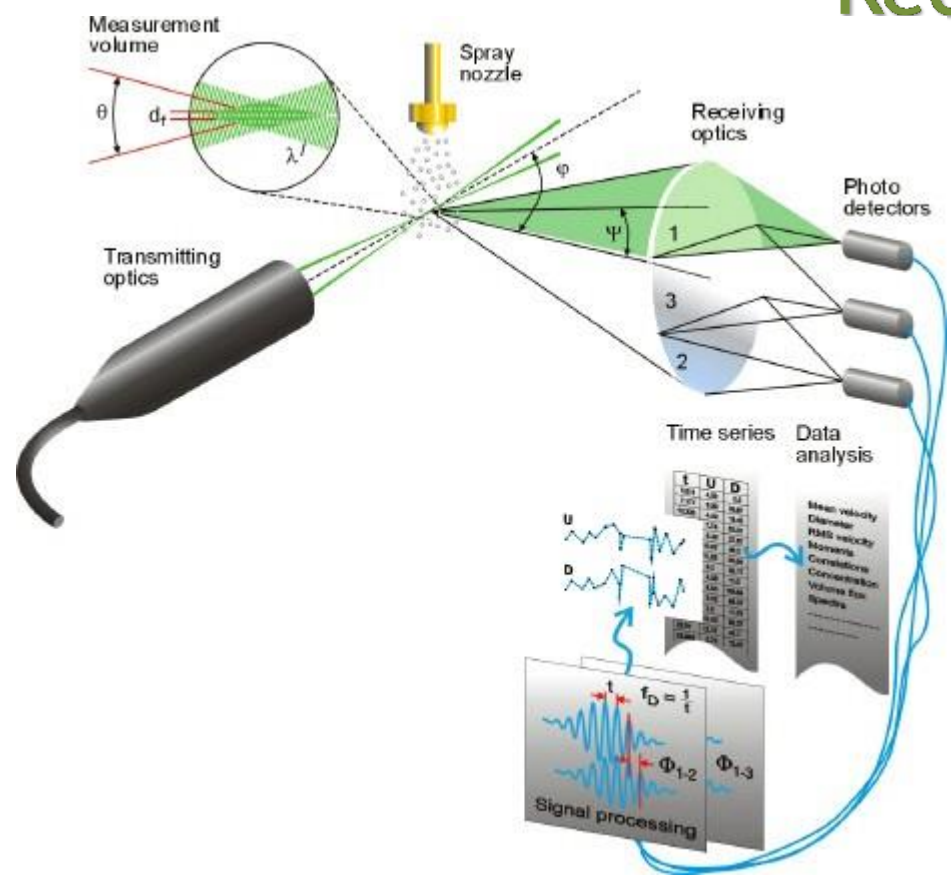


# Principes et résultats de la granulométrie laser



Cas n°1 : PDPA Dantec



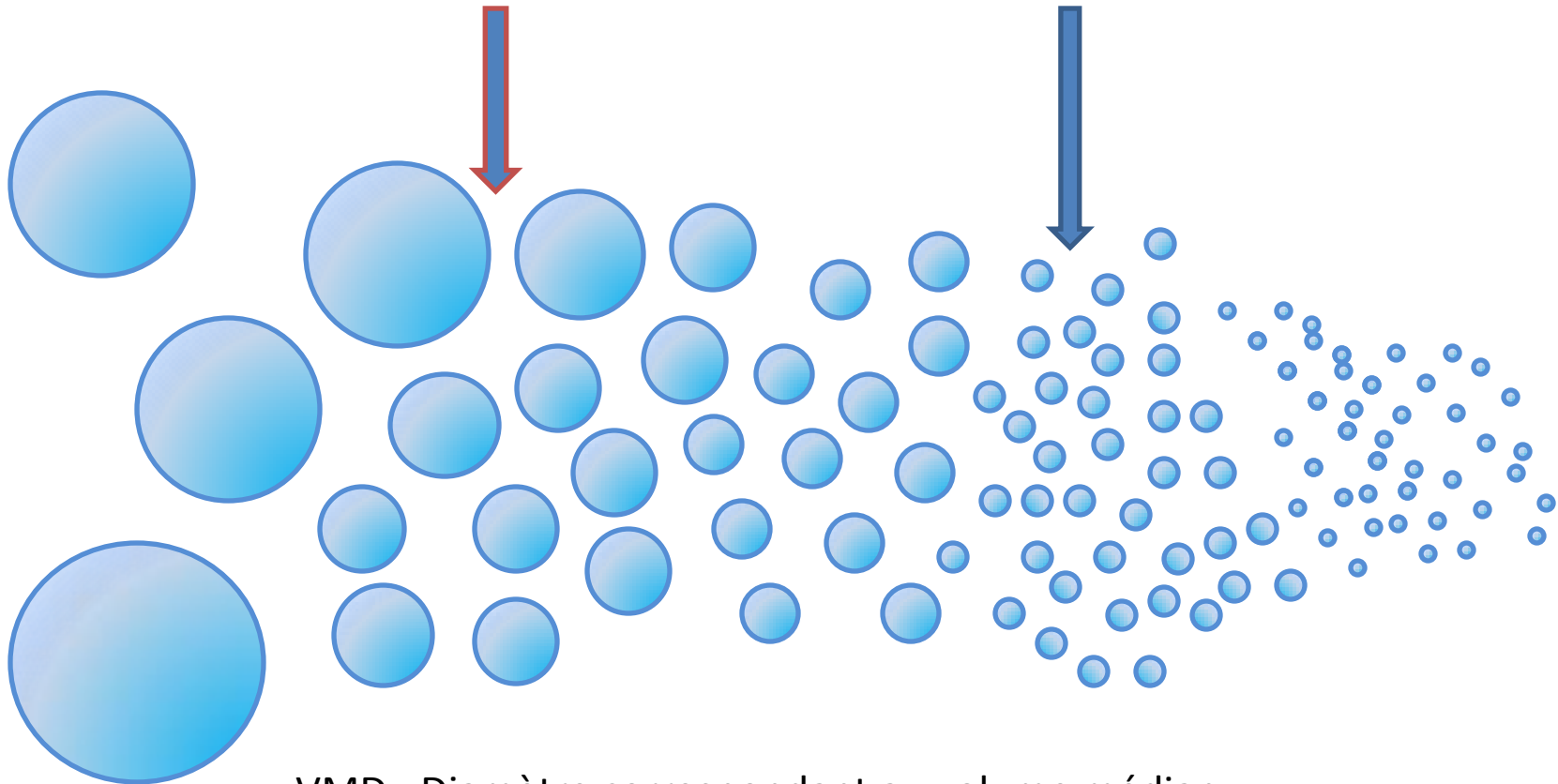


2 faisceaux lasers sont générés et émis par une optique (transmetteur) et convergent en un point. Selon le mode optique utilisé (réflexion, réfraction), toutes les gouttes passant par ce point sont évaluées en taille. Le déphasage angulaire entre les 3 photodétecteurs du récepteur permet de contrôler l'information de taille des gouttes selon 3 angles différents. La vitesse des particules est donnée par effet Doppler grâce à un déphasage des longueurs d'ondes entre les deux faisceaux. Les gouttes non sphériques sont rejetées. Un banc automatisé permet de déplacer la buse et de scanner un endroit différent du spray. Ces mesures permettent de construire une cartographie des tailles de gouttes

Sur une population de 100 gouttes classées par diamètre

Valeur médiane en VOLUME : VMD

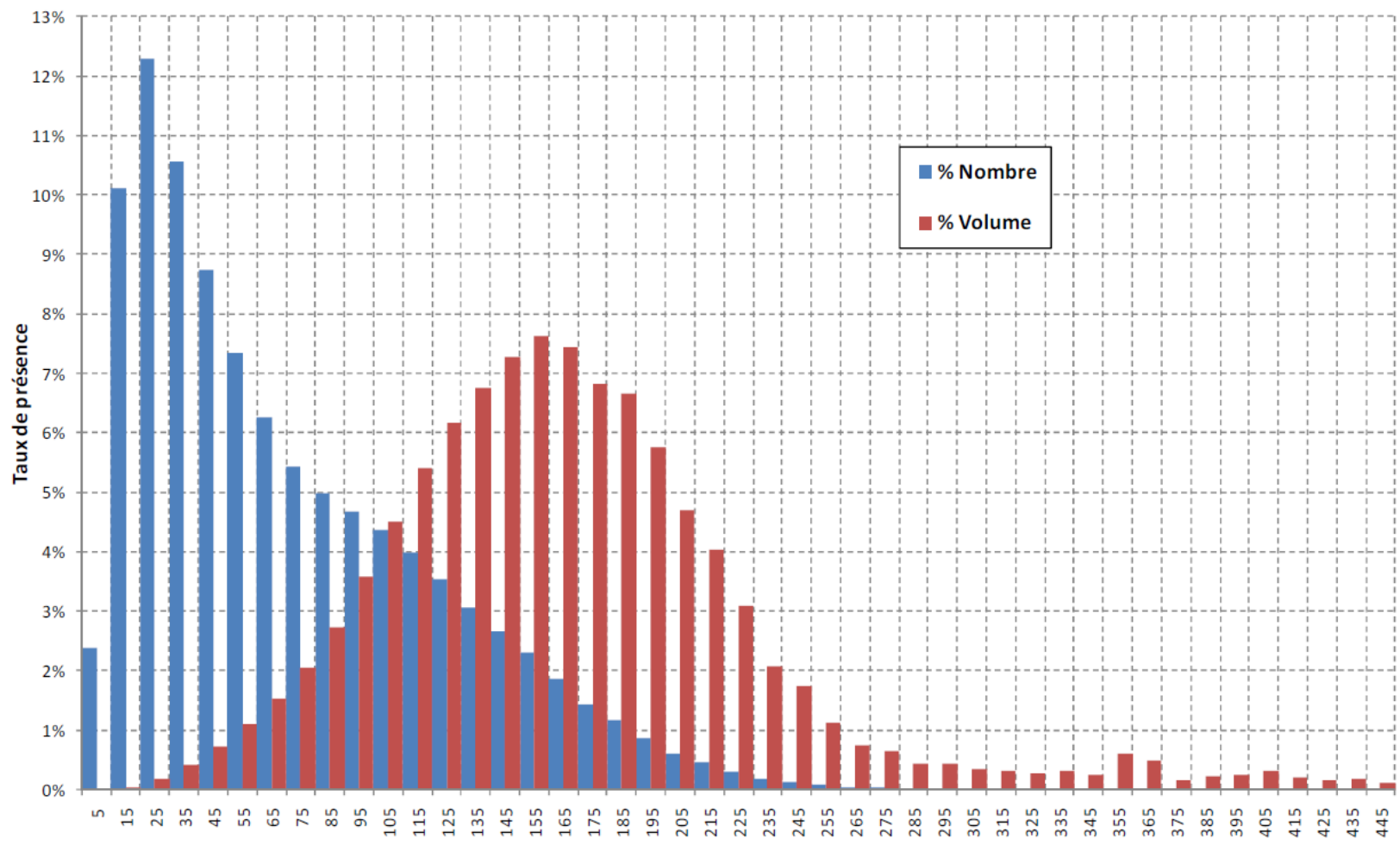
Valeur médiane en NOMBRE : NMD



VMD : Diamètre correspondant au volume médian  
NMD : Diamètre correspondant au nombre médian

# Comment représenter une distribution de tailles de gouttes ?

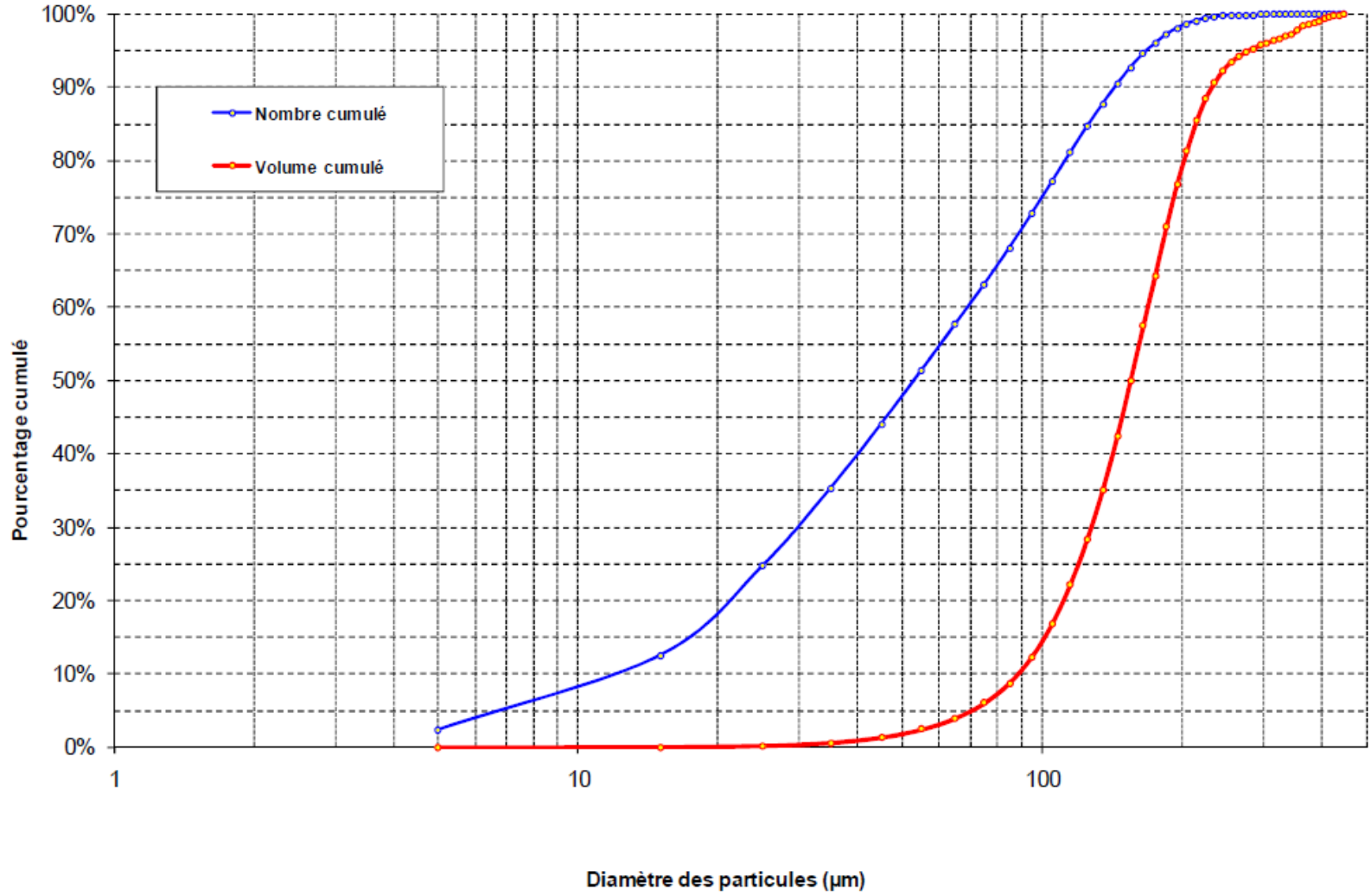
- en nombre
- en volume



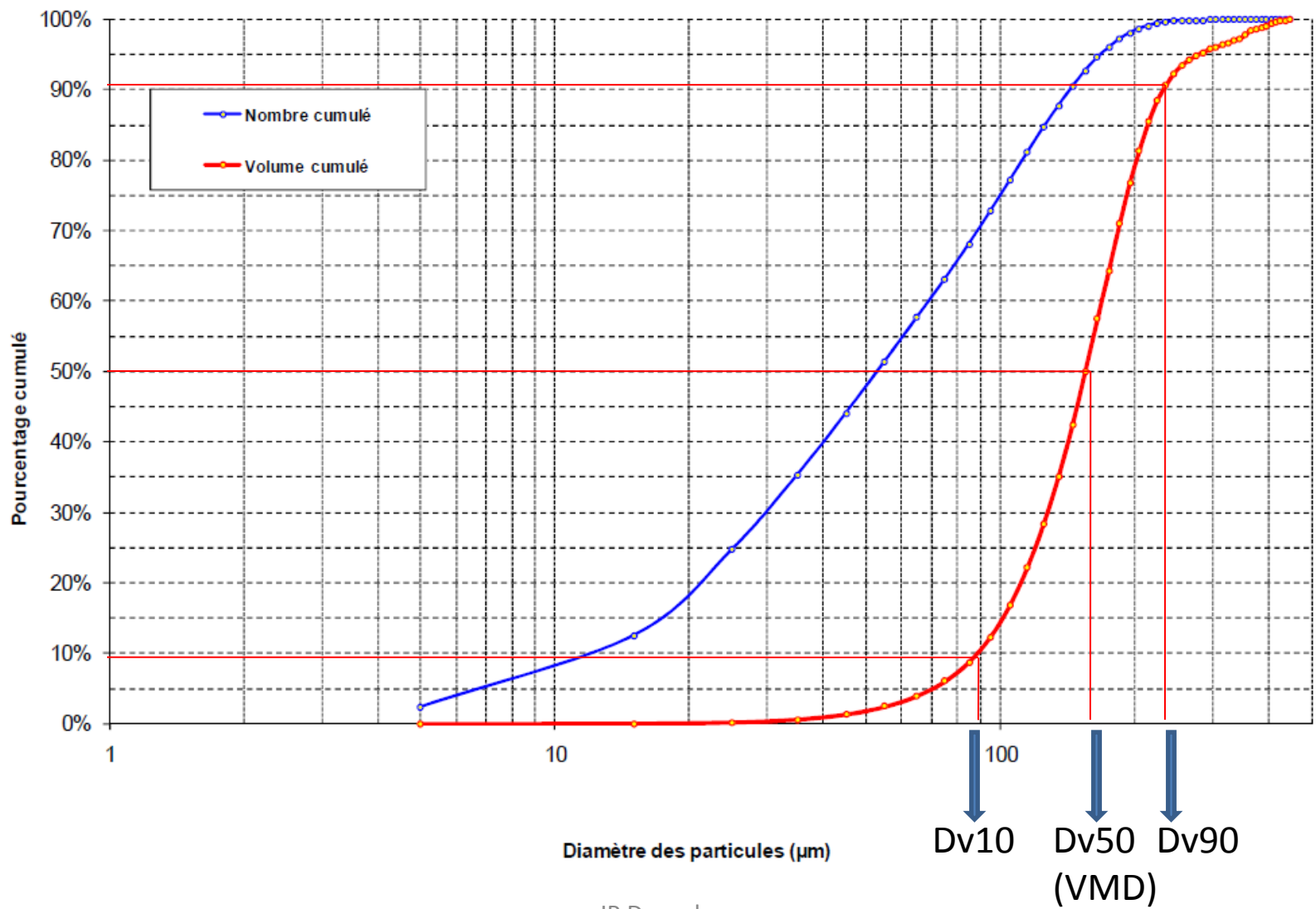
Classe de diamètres (μm)

JP Douzals

-Comment représenter une distribution de tailles de gouttes ?  
en nombre cumulé  
en volume cumulé



# Les résultats attendus : courbes cumulées





**5.1. FORMULES DE CALCUL POUR LA GRANULOMETRIE**

*n<sub>i</sub>* le nombre de gouttelettes dans la classe de diamètre *i*  
**On note :** *d<sub>i</sub>* le diamètre moyen de la classe de diamètre *i*

**Diamètre arithmétique:**

$$D_a = \frac{\sum_{i=1}^n n_i \cdot d_i}{\sum_{i=1}^n n_i}$$

**Diamètre volumétrique :**

$$D_v = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^n n_i \cdot d_i^3}{\sum_{i=1}^n n_i}}$$

**Diamètre de Sauter :**

$$D_{32} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i \cdot d_i^3}{\sum_{i=1}^n n_i \cdot d_i^2}$$

**Coefficient d'homogénéité (H) :**

$$H = \frac{\left(\sum_{i=1}^n n_i \cdot d_i^2\right)^2}{\sum_{i=1}^n n_i \cdot d_i \cdot \sum_{i=1}^n n_i \cdot d_i^3} \times 100$$

**Number Median Diameter (NMD) :** Médiane numérique de la population (séparation en 2 groupes représentant le même nombre de gouttelettes)

**Volume Median Diameter (VMD ou D<sub>50</sub>) :** Médiane volumétrique de la population (séparation en 2 groupes représentant le même volume de pulvérisation)

**D<sub>10</sub> :** Valeur du diamètre pour lequel les gouttes de taille inférieure représentent 10 % du volume total pulvérisé.

**D<sub>90</sub> :** Valeur du diamètre pour lequel les gouttes de taille inférieure représentent 90 % du volume total pulvérisé.

**Span :** (D<sub>90</sub> - D<sub>10</sub>) / D<sub>50</sub>

### D.1.5 Classe de 300 à 400µm

X/Y (cm)	-800	-700	-600	-500	-400	-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800
-400		1	1		7	6	10	6	6	4	2		2	1			
-360	1		1		1	3	3	3	10	6	11	3	5	1	1		1
-320			4		3	6	9	15	8	6	8	16	18	3	3	4	
-280	24	136	16	8	27	74	41	33	21	9	19	20	28	7	5	11	2
-240	23	126	35	32	38	46	37	45	20	16	44	37	109	46	71	132	40
-200	2	19	16	36	24	19	13	5	5								28
-160			7	15	9	9	8	1					5	23	33	20	8
-120		1			7									4	6	3	

### D.1.4 Classe de 200 à 300µm

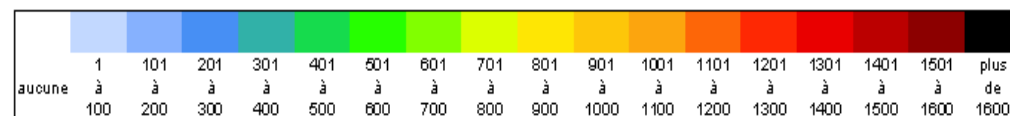
X/Y (cm)	-800	-700	-600	-500	-400	-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800
-400	2	9	33	36	53	55	86	80	105	97	66	64	29	10	13	8	4
-360	7	18	11	21	58	92	118	111	171	175	142	114	79	41	16	27	5
-320	15	48	50	42	90	139	157	198	285	243	262	219	162	62	41	48	9
-280	126	438	259	179	240	426	486	375	255	202	255	227	226	74	70	52	15
-240	151	654	546	301	335	611	608	562	423	378	536	614	1033	451	743	946	257
-200	40	223	445	453	288	309	216	124	65	53	103	189	362	577	933	893	286
-160	5	28	225	224	175	89	52	8	1	3	8	31	135	300	554	439	133
-120	1	5	19	101	54	30	4	3					6	23	126	170	81
-80				3	28	10	1				1				17	24	7
-40												2	2				
0														2			
40															3		
80																	
120																	
160	2	8															
200	8	58															
240	12	99															
280	7	36															
320	7	18															
360	4	6															
400		2															

### D.1.3 Classe de 100 à 200µm

X/Y (cm)	-800	-700	-600	-500	-400	-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800
-400	10	22	134	174	251	292	335	284	350	281	175	87	98	57	17	19	3
-360	1	8	49	133	192	268	257	289	522	447	380	263	173	90	66	40	4
-320	4	25	106	153	277	554	646	657	742	735	626	437	410	129	88	37	2
-280	16	110	254	384	631	990	1032	933	897	891	978	805	628	226	157	33	12
-240	41	242	678	864	1037	1634	1690	1464	1180	1372	2318	3040	2813	1352	1588	871	155
-200	21	239	1168	2096	2365	2391	1611	963	620	585	1016	1966	2478	2510	2232	938	205
-160	7	58	577	1302	1534	1147	492	178	91	110	150	662	1543	2139	1845	688	132
-120	1	9	68	1034	932	592	133	28	9	15	63	283	544	1332	1007	305	86
-80		7	38	182	352	239	30	7	2	9	9	99	359	504	148	116	10
-40			9	76	144	133	33	7	2	3	11	71	95	85	122	37	4
0			4	8	74												
40		3	24	16	179												
80		32	97	144	579												
120		100	181	324	1099												
160		118	470	1353	1432												
200		144	497	1646	1649												
240		190	479	1253	868												
280		76	255	667	738												
320		46	116	193	288												
360		11	40	131	145												
400		15	11	25	35												

### D.1.2 Classe de 0 à 100µm

X/Y (cm)	-800	-700	-600	-500	-400	-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800
-400	56	71	42	52	38	50	67	51	50	16	6	1	4	0	0	0	0
-360	0	0	2	0	3	16	7	21	35	24	19	4	4	2	0	1	1
-320	0	2	2	3	11	50	78	70	106	89	66	28	14	4	3	1	0
-280	0	3	2	8	32	134	187	260	370	381	220	119	70	4	2	4	0
-240	1	2	21	75	139	520	786	914	1240	1502	2330	1242	314	36	65	38	3
-200	8	4	52	160	682	2088	3862	3720	3953	3459	4661	2872	758	403	108	20	1
-160	3	5	13	160	935	2258	4167	3322	2468	3085	2384	2368	963	431	83	12	2
-120	0	1	8	185	930	2142	3707	2748	1262	2042	2389	1094	1380	300	14	4	1
-80	2	2	5	1	106	1604	2807	1271	638	969	1465	1294	536	67	1	0	0
-40	9	5	11	16	36	335	1595	1317	995	929	1209	974	282	3	2	6	2
0	5	0	7	14	171	1435	1570	1384	1068	1499	1130	712	39	6	2	2	1
40	10	5	10	22	60	368	929	1264	1063	1395	2171	721	123	18	1	6	6
80	3	0	10	133	1771	1994	2694	2311	1569	2081	3424	930	404	47	16	2	7
120	4	5	10	367	1399	2250	2914	3608	2920	3367	3840	2417	1201	528	16	8	3
160	3	6	202	799	1889	2385	3468	2986	3434	4214	3772	2681	1132	278	48	4	4
200	0	13	193	475	769	2268	3854	2341	2272	1975	2023	1257	335	186	94	20	10
240	11	14	167	194	850	3425	1550	1641	1935	1860	1531	902	975	233	164	139	76
280	79	93	172	213	210	288	400	423	509	388	497	242	184	151	80	78	52
320	44	93	90	81	385	113	128	105	83	80	113	49	64	49	41	38	60
360	37	36	30	48	26	17	55	32	33	36	44	35	63	37	36	52	75
400	42	37	54	60	52	27	23	8	27	22	7	17	5	7	7	11	13

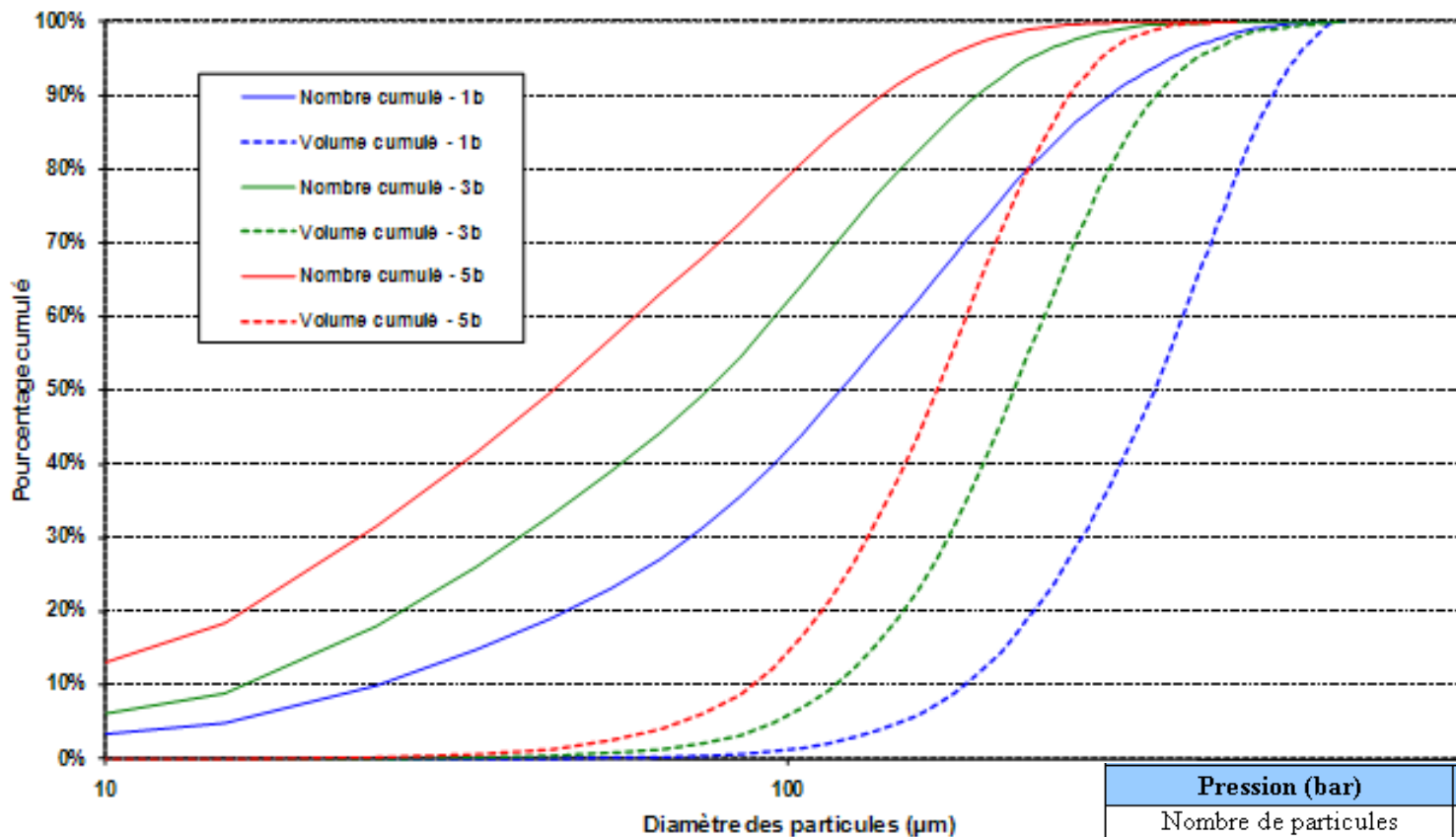


## cartographie granulométrique

Ex : Nbre de gouttes par classes de taille



### 5.3.6. Représentation graphique des nombres et volumes cumulés



Effet de la pression sur une buse à fente 110 03 à 1, 3 et 5 bar

Pression (bar)	1	3	5
Nombre de particules mesurées	299 295	437 818	700 671
Diamètre arithmétique (µm)	149	96	66
Diamètre Volumétrique (µm)	216	140	102
Diamètre de Sauter (µm)	295	192	146
Coefficient d'homogénéité	77,4%	77,1%	74,9%
NMD (µm)	124	81	50
D10 (µm)	187	122	94
D50 (VMD) (µm)	349	219	170
D90 (µm)	518	352	264
Span relatif	2,02	2,16	2,10
VMD / NMD	2,81	2,70	3,39

## Avantages :

Données spatialisées

Chaque goutte est analysée individuellement

Données disponibles en nombres et en volume

## Inconvénients :

Manips longues (2 h/modalité)

Volume de bouillie ~ 80 L et effluents

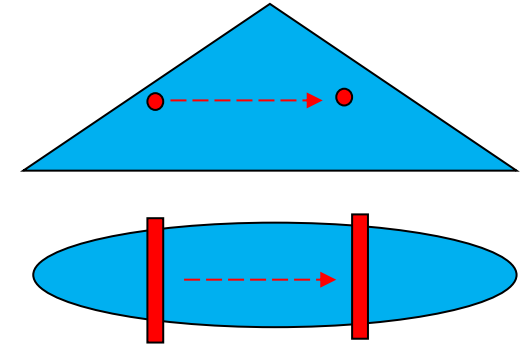
Seules les gouttes sphériques sont comptabilisées et le taux de rejet n'est pas facilement accessible



Cas n°2 : Malvern Spraytec



Vue de côté



Vue de dessus

## Mesure intégrative dans le spray.

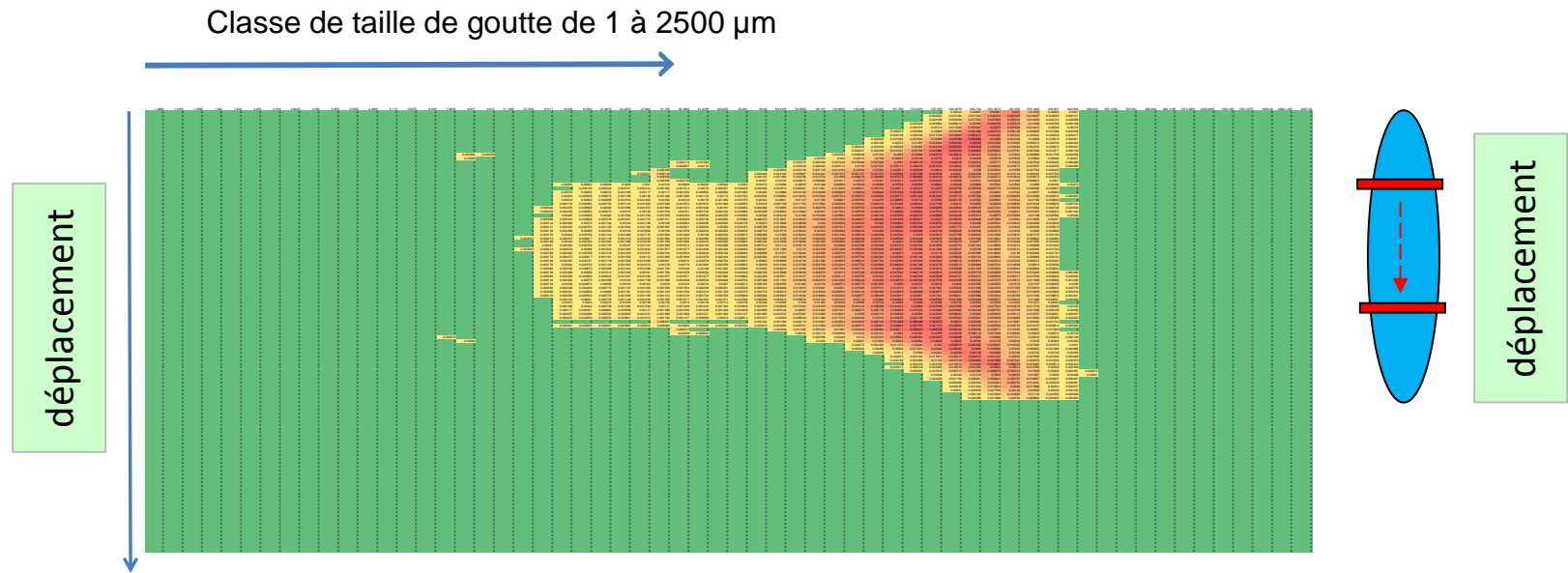
Il est composé d'un émetteur laser de faible puissance 5mW HeNe qui traverse le spray (3). Fonctionnant grâce au principe de diffraction de la lumière à la surface des gouttes, le faisceau est diffracté sur une trentaine de récepteurs (5). Selon la taille et le nombre de gouttes, l'atténuation du signal est variable (estimation d'un volume global par le coefficient volumique  $C_v$ ) et l'intensité aux différents angles permet d'apprécier la répartition en classes de taille de gouttes.

1 mesure réalisée durant 100 ms, toutes les secondes.

Vitesse de balayage de la buse (réglable) de 10 à 20 mm.s<sup>-1</sup>

## Expression des résultats Malvern :

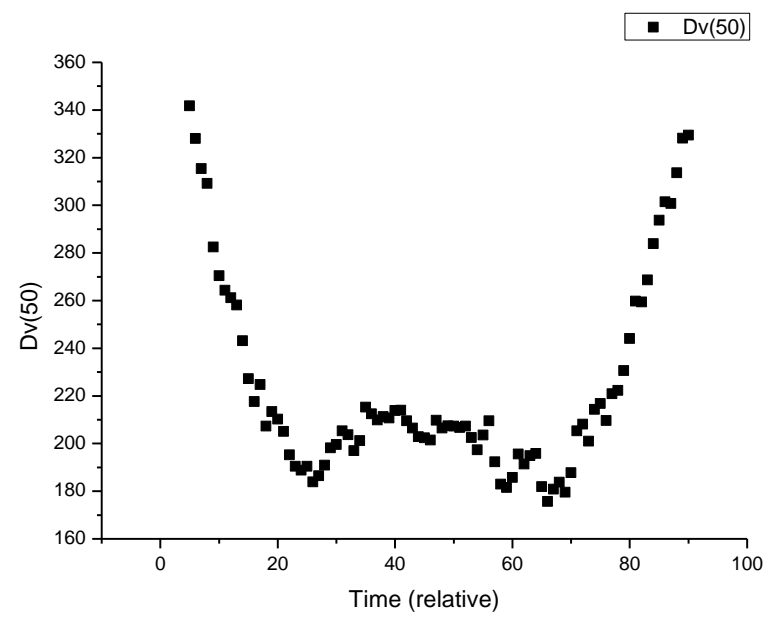
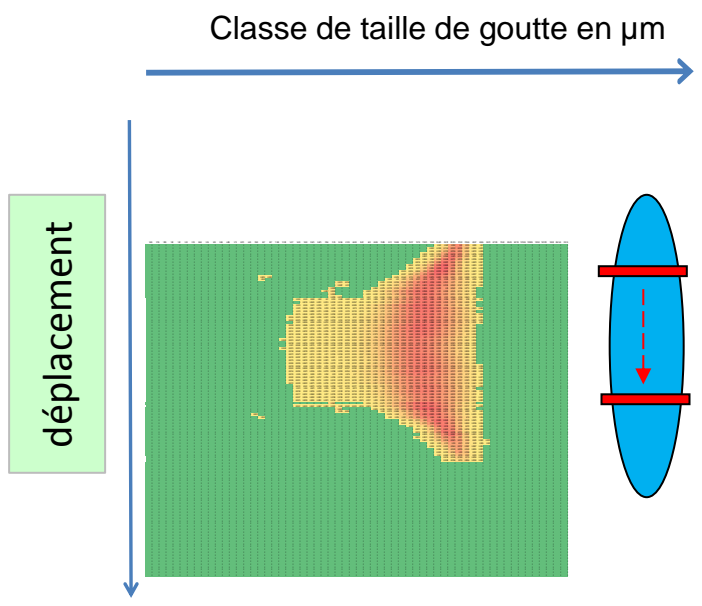
Évolution de la granulométrie au cours du balayage



Chaque ligne correspond à 1 mesure acquise toutes les secondes  
Pour chaque mesure on a la répartition dans chaque classe de  
taille de goutte

# Expression des résultats Malvern :

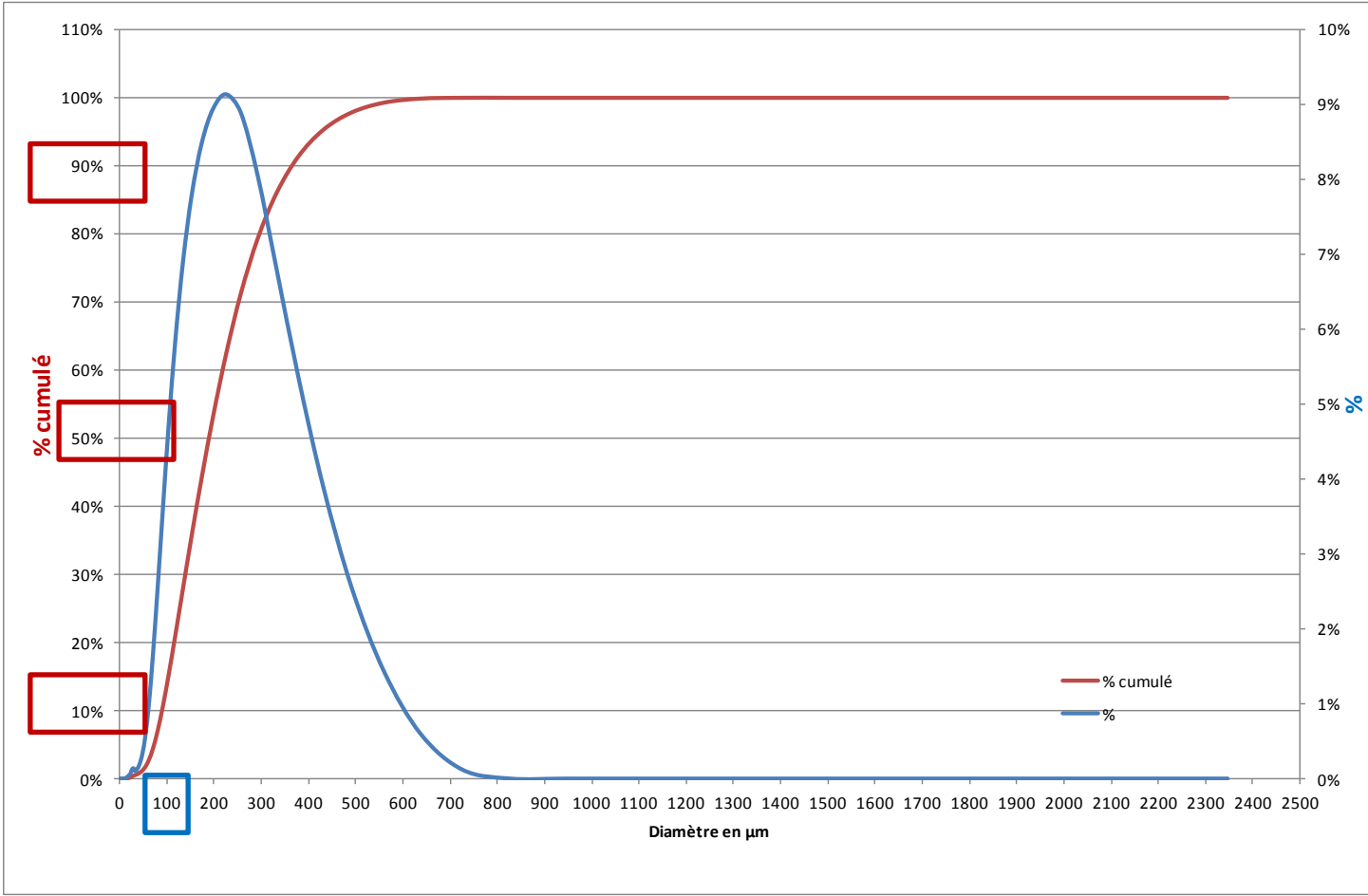
Évolution de la granulométrie au cours du balayage



Ex. profil d'évolution du Dv50 (VMD) selon l'axe du spray



# Expression des résultats : synthèse globale du spray



Données en volume : Dv10, Dv50, Dv90 et %V< 100 µm

### Avantages :

Manips courtes (2 min par modalité + temps de préparation)  
Adapté lorsque le nombre de modalités est important  
Volume de bouillie (3 à 5 L selon le débit de la buse)

### Inconvénients :

Pas de comptage de gouttes  
Cartographie 1 D uniquement

## Récapitulatif des méthodes

	Dantec	Malvern
Modalités	< 10	Non limité
Volume bouillie	80 L min	3 L min
Durée essai /modalité	2 h	1 min.
Cout		
Disponibilité	Faible	Oui