

III.1. Définition

La distribution a pour fonction non seulement d'amener l'eau à proximité des points d'utilisation mais aussi de la fournir avec une pression suffisante pour atteindre le point le plus défavorable des immeubles, et y alimenter de divers appareils. Elle s'effectue par un réseau de conduites sous-pression, dimensionnées pour permettre le passage en chaque point du débit maximal prévisible.

III.2. Le réseau de distribution

III.2.1. Définition

Du réservoir de stockage sort une conduite principale de gros diamètre. Celle-ci, en se prolongeant le long des rues de l'agglomération forme un ensemble des conduites maîtresses. Sur chacune de ces dernières, sont branchées des conduites de diamètres moindres dites conduites secondaires, tertiaires, etc.

L'ensemble de toutes ces différentes canalisations avec l'ensemble des équipements qui les accompagnent forment le réseau de distribution. C'est l'infrastructure la plus importante du réseau global, car il s'étend sur toute la surface de l'agglomération.

III.3. Classification des réseaux [5]

Les réseaux de distribution peuvent être classés comme suit :

- ✓ Réseau ramifié.
- ✓ Réseau maillé.
- ✓ Réseau étagé.
- ✓ Réseau combiné (mixte).

III.3.1. Réseau ramifié

Le réseau ramifié, dans lequel les conduites ne comportent aucune alimentation en retour, présente l'avantage d'être économique, mais il manque de sécurité et de souplesse en cas de rupture : un accident sur la conduite principale prive d'eau tous les abonnés d'aval.

Ce type de réseau est généralement opté pour les zones rurales.

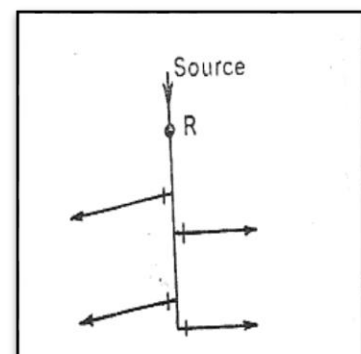


Figure III. 1 : Réseau ramifié

III.3.2. Réseau maillé

Le réseau maillé est constitué principalement d'une série de canalisations qui forment des boucles fermées, cela permet l'alimentation en retour. Une simple manœuvre de robinet permet d'isoler le tronçon accidenté et poursuivre néanmoins l'alimentation des abonnés d'aval.

Ce type de réseau est utilisé en général dans les zones urbaines pratiquement plates, et tendent à se généraliser dans les agglomérations rurales sous forme associée aux réseaux ramifiés

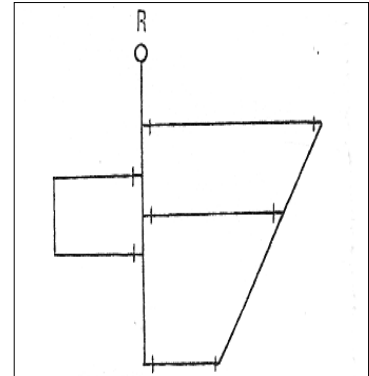


Figure III. 2: Réseau maillé

III.3.3. Réseau étagé

Lors de l'étude d'un projet d'alimentation d'une ville en eau potable, il arrive que celle-ci présente des différences de niveaux importantes. La distribution par le réservoir projeté donne de fortes pressions aux points bas (Les normes des pressions ne sont pas respectées). L'installation d'un réservoir intermédiaire alimenté par le premier, régularise la pression dans le réseau. Ce type de réseau est appelé réseau étagé.

III.3.4. Réseau combiné (mixte)

Un réseau dit combiné (ramifié et maillé) lorsqu'il est constitué d'une partie ramifiée et une autre maillé. Ce type de schéma est utilisé pour desservir les quartiers en périphérie de la ville par ramification issues des mailles utilisées dans le centre de cette ville, il est opté aussi pour des agglomérations qui présentent des endroits plats et d'autres accidentés.

III.4. Choix de la conduite

Le choix du matériau utilisé est fonction de la pression supportée, de l'agressivité du sol et de l'ordre économique (coût et disponibilité sur le marché) ainsi que la bonne jonction de la conduite avec les équipements auxiliaires (joints, coudes, vannes...etc.). Parmi les matériaux utilisés on peut citer : l'acier, la fonte, le PVC et le PEHD.

Dans le but du bon choix du type de matériau, on prend en compte les paramètres suivants :

- 1- Le diamètre
- 2- La pression de service à supporter par le matériau
- 3- Les conditions de pose
- 4- Le prix de la conduite
- 5- La durée de vie du matériau
- 6- La disponibilité de ce dernier sur le marché

III.4.1. Tuyaux en fonte

Ce type de conduites présente plusieurs avantages :

- ✓ Bonne résistance aux forces internes.
- ✓ Bonne résistance à la corrosion.
- ✓ Très rigides et solides.

L'inconvénient de ce type de conduites est qu'elles sont très lourdes, très chers et non disponibles sur le marché.

III.4.2. Tuyaux en acier

Ce type de conduites présente les avantages suivants :

- ✓ Les tuyaux en acier sont plus légers que les tuyaux en fonte, d'où l'économie sur le transport et la pose.
- ✓ Bonne résistance aux contraintes (choc et écrasement).

Leur inconvénient majeur est la corrosion.

III.4.3. Tuyaux en PVC (Polychlorure de Vinyle non Plastifié)

Ce type de conduites présente les avantages suivants :

- ✓ Bonne résistance à la corrosion.
- ✓ Disponible sur le marché.
- ✓ Une pose de canalisation facile.

Leur inconvénient réside dans le risque de rupture.

III.4.4. Tuyaux en PEHD

Ce type de conduites présente les avantages suivants :

- ✓ Bonne élasticité.
- ✓ Fiable au niveau des branchements, pas de fuite.
- ✓ Bonnes caractéristiques hydrauliques (coefficient de rugosité très faible).
- ✓ Bonne stabilité de tension et résistance à la tension.
- ✓ Bonne résistance aux hautes températures.
- ✓ La conduite peut être allongée 3 fois avant qu'elle atteigne sa limite de rupture.
- ✓ Bonne résistance à la corrosion.
- ✓ Facilité de pose.
- ✓ Disponible sur le marché.

Vu les avantages que présentent les conduites en PEHD, on opte pour ce type de canalisations.

III.5. Conception du réseau

Plusieurs facteurs ont une influence sur la conception du réseau, à savoir :

- ✓ L'emplacement des quartiers et le souci d'assurer un service souple et régulier.
- ✓ L'emplacement des consommateurs principaux.
- ✓ Le relief.

III.6. Principe de trace du réseau

Pour tracer le réseau, il y a un certain nombre de conditions qu'il faut respecter à savoir :

- ✓ Choisir le lien de consommation principal.
- ✓ Déterminer le sens principal de la masse ou de la quantité totale d'eau.
- ✓ Il faut tracer les conduites maîtresses à travers les quartiers pour lesquelles il faut prévoir les lignes secondaires.

III.7. Calcul hydraulique du réseau de distribution

La détermination des débits dans un réseau s'effectue de la manière suivante :

- ✓ On détermine la longueur de chaque tuyau des réseaux disponible.
- ✓ On détermine le débit moyen journalier en chaque nœud.
- ✓ On calcule les débits de chaque nœud.

III.7.1. Détermination des débits

III.7.1.1. Débits aux nœuds (Méthode d'estimation économique)

Les débits nodaux sont des débits concentrés en chaque nœud alimentant la population répartie autour de la moitié du tronçon de la conduite ayant en commun les nœuds considérés, ils sont déterminés par la formule suivante :

$$Q_{ni} = (N_{Pi} * C + Q_{eqi}) * k_P \quad \text{avec : } N_{Pi} = N_{Fi} * 5.49 \quad (III.1)$$

D'où :

- ✓ Q_{ni} : Débit de pointe en chaque nœud.
- ✓ N_{Pi} : Nombre de population en chaque nœud.
- ✓ C : Consommation spécifique domestique, $C = 150$ l/j/hab. pour notre étude.
- ✓ Q_{eqi} : Débit moyenne journalière d'équipement.
- ✓ N_{Fi} : Nombre de foyer pour chaque nœud de demande.
- ✓ 5.49 : Nombre d'habitant dans chaque foyer en 2010.

$Q_{moy \text{ j Domestic}} = Q_{ni} * \text{coefficient de développement}$

- ✓ Coefficient de développement = 1.44
- - le point de piquage dans la zone d'agglomération urbain pour les habitant futur (2040) En pique dans les mailles.

III.7.2. Longueur équivalente [6]

Deux formule différentes ont été proposées pour calculer les pertes de charge linéaire (III.2) et singulières (III.3) l'équation de Bernoulli corrigée qui tient compte de ces deux pertes de charge s'écrit :

$$h_f = 0.0827 f L \frac{Q^2}{D^5} \quad (III.2)$$

- D : diamètre du conduit
- Q : débit
- L : longueur du conduit
- f : coefficient de frottement

$$f = 0.0055 \left[1 + \left(2 \cdot 10^4 \frac{\varepsilon}{D} + \frac{10^6}{Re} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$

$$h_s = 0.0827 K \frac{Q^2}{D^4} \quad (III.3)$$

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + 0.00827 f L \frac{Q^2}{D^5} + 0.00827 f L \frac{Q^2}{D^4} \sum K_i \quad (III.4)$$

Peut-on simplifier les calculs des pertes de charge ? Considérons, à titre d'exemple, une vanne qui présente une singularité hydraulique et produit une perte de charge singulière selon l'équation (III.3).

Pour simplifier les calculs, nous désirons remplacer (virtuellement) cette singularité par une conduite de longueur équivalente L_{eq} sur laquelle se produirait une perte de charge par frottement égale à la perte de charge singulière. C'est la longueur équivalente qui viendra majorer la longueur physique réelle pour tenir compte des pertes de charge singulières, tel que le montre schématiquement la figure (III.3)

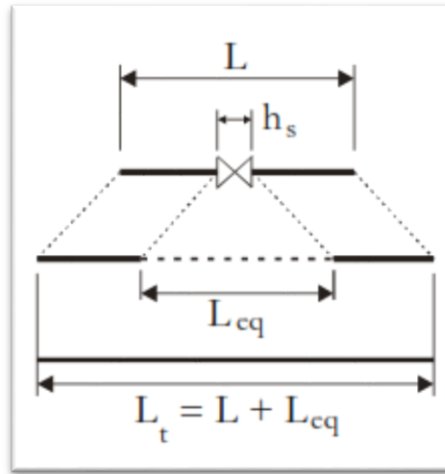


Figure III. 3: Longueur équivalente d'une perte de charge singulière

Mathématiquement, on écrit : $0.0827fL_{eq}\frac{Q^2}{D^5} = 0.0827K\frac{Q^2}{D^4}$ soit :

$$L_{eq} = \frac{KD}{f} \quad (III.4)$$

A l'aide de cette relation, l'équation (III.5) devient :

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + 0.00827f L_t \frac{Q^2}{D^5} \quad (III.5)$$

Ou L_t est la longueur totale $L_t = L + \sum L_{eq}$

Cette notion de longueur équivalente ne fait pas que simplifier l'écriture des calculs mais permet aussi aux techniciens d'utiliser la même terminologie que celle utilisée par les fournisseurs d'équipements hydrauliques. En effet, ce sont les longueurs équivalentes, correspondant aux différents accessoires hydrauliques. Qui sont fournis dans les catalogues et non les valeurs de K. il faut cependant souligner que d'après la formule (III.4), la longueur équivalente dépend aussi du matériau et du diamètre de la conduite sur laquelle est installée la singularité.

Cette notion de longueur équivalente permet de mesurer l'importance des pertes de charge singulières par rapport aux pertes de charge linéaires moyennant le rapport $\frac{\sum L_{eq}}{L_t} \times 100\%$

Tableau III. 1: Récapitulation de calcul des débits d'estimation économique Maillé

Maillé	N°Nœud	Altitude (m)	N°Tronçon	Longueur (m)	Longueur équivalent	Nbr defoyers	Etablissem.	Q max j Doms (l/s)	Qmoyj Etabl (l/s)	Débit max (l/s)
I	6	1038,10	06_04	40,41		0	-	0,000	0.000	0,000
			06_07	63,13						
			06_10	252,59	277,85					
	7	1038,10	06_07	63,13		52	douch.,café, rest.,2bouch., boul.,coiff. ,Lycée	1,362	0.532	1,894
			08_07	204,32						
			09_07	168,49	185,34					
			07_23	1459,53	1678,46					
	10	1032,00	10_06	252,59	277,85	0	-	0,000	0.000	0,000
			10_14	63,80						
	14	1031,56	10_14	63,80		51	coiff.,bol., Ecole,	1,336	0.208	1,539
			18-14	156,71	170,81					
			16-15	172,51						
			17-15	118,09						
			15-14	216,94	249,48					
	18	1026,61	14-18	156,71	170,81	93	coiff	2,436	0.012	2,447
			22-18	353,33	374,53					
			21-19	271,84						
			20-19	220,81	231,85					
			19-18	94,88	105,32					
	22	1021,91	18-22	353,33	374,53	0	-	0,000	0.000	0,000
			23-22	92,33						
	23	1017,21	22-23	92,33		82	Suret DAIRA, Brigade, rest.,	2,148	0.145	2,292
			07_23	1459,53	1678,46					
			26-24	144,04						
			25-24	202,42	222,66					
			24-23	50,50						

Maillé	N°Nœud	Altitude (m)	N°Tronçon	Longueur (m)	Longueur équivalent	Nbr de foyers	Etablissem.	Q max j Doms (l/s)	Qmoyj Etabl (l/s)	Débit max (l/s)
=	3	1042,40	01_03	231,98	250,54	0	-	0,000	0.000	0,000
			04_03	161,86	181,28					
			27_03	542,07	580,01					
	4	1039,00	03_04	161,86	181,28	28	CFPA, bouch.,	0,733	0.162	0,895
			05_04	119,60						
			06_04	40,41						
	6	1038,10	06_04	40,41		0	-	0,000	0.000	0,000
			06_07	63,13						
			06_10	252,59	277,85					
	10	1032,00	06_10	252,59	277,85	207	APC,2café, bouch.,boul ,, CNASAT., Masjed,coiff f., douch.,CE M,	5,422	0.723	6,145
			14_10	63,80						
			13_11	356,33	381,27					
			12_11	133,36						
			11_10	183,80						
	14	1031,56	18-14	156,71	170,81	0	-	0,000	0,000	0,000
			10_14	63,80						
	18	1026,61	14-18	156,71	170,81	0	-	0,000	0,000	0,000
			22-18	353,33	374,53					
	22	1021,91	18-22	353,33	374,53	0	-	0,000	0,000	0,000
			23-22	92,33						
			36-22	26,09						
			27-22	434,40	460,46					
	27	1027,30	22-27	434,40	460,46	159	douch.,coiff .,Masjed,	4,165	0.197	4,361
			03_27	542,07	580,01					
			27-28	13,22						
			30-28	501,55	546,69					
			29-28	170,37	182,30					

Maillé	N°Nœud	Altitude(m)	N°Tronçon	Longueur (m)	Longueur équivalent	Nbr de foyers	Etablissem.	Q max j Doms (l/s)	Qmoyj Etabl (l/s)	Débit max (l/s)
III	36	1019,21	22-36	26,09		0	-	0,000	0.000	0,000
			37-36	8,74						
			65-36	232,21						
	37	1019,21	36-37	8,74		0	-	0,000	0.000	0,000
			40-37	1145,38	1317,19					
			38-37	244,97	269,47					
			39-37	244,60	250,72					
	40	1019,54	37-40	1145,38	1317,19	0	-	0,000	0.00	0,000
			54-40	242,07	271,12					
			40-41	1,32						
	54	1023,56	40-54	242,07	271,12	123	-	3,222	0.000	3,222
			64-54	128,65						
			56-55	194,22	223,35					
			63-61	100,06						
			62-61	212,76	223,40					
			61-59	110,24	121,26					
			60-59	181,96						
			59-57	44,77	47,01					
			58-57	103,54						
			57-55	182,02	209,32					
			55-54	0,96						
			65-64	226,56						
	65	1023,00	36-65	232,21		7	OAC, CEM, BAT., GEND., POLYC.,	0,733	0.943	1,677
			64-65	226,56						
			66-65	231,96	266,75					
			67-65	9,49						
IV	88	1031,19	79-88	50,57		0	-	0,000	0,000	0,000
			89-88	503,13	563,51					
			101-88	225,06	249,82					
	89	1042,08	88-89	503,13	563,51	21	Masjed., douch., boul.,	0,550	0.208	0,758
			90-89	430,25	483,60					
			91-89	17,59						
	91	1042,41	89-91	17,59		0	-	0,000	0,000	0,000
			92-91	101,56	116,79					
			106-91	157,84						
	92	1040,49	91-92	101,56	116,79	36	café,rest., bouch.,	0,943	0.075	1,018
			93-92	263,36	290,49					
			101-92	289,36	323,76					
			94-92	31,96	36,09					
	101	1034,12	88-101	225,06	249,82	0	-	0,000	0,000	0,000
			92-101	289,36	323,76					
			102-101	5,17						

Tableau III. 2: Récapitulation de calcul des débits d'estimation économique Ramifié :

ramifié	N° Nœud	Altitude (m)	N° Tronçon	Longueur (m)	Longueur équivalent	Nbr de foyers	Etablissement	Q max j Doms (l/s)	Qmoyj Etabl (l/s)	Débit max (l/s)
I	1	1045,38	R1_01	1181,92		23	limendarie.,	0,602	0,231	0,834
			02_01	625,13	674,02					
			03_01	231,98	250,54					
II	27	1027,30	03_27	542,07	580,01	0	-	0,000	0,000	0
			22-27	434,40	460,46					
			28-27	13,22						
			31-27	41,13						
	31	1027,91	27-31	41,13		29	ECOLE,café, rest.,MDJ,	0,760	0,286	1,045
			32-31	165,74						
			33-31	222,56						
	33	1033,14	34-33	114,08		13	HOTEL,PTT, THEATRE, S.SERVICE, AUBERGE, HOTEL, mussee,	0,340	0,503	0,844
			35-33	153,80	169,18					
			108-33	20,56						
			31-33	222,56						
III	65	1023,00	36-65	232,21		0	-	0,000	0,000	0
			64-65	226,56						
			66-65	231,96	266,75					
			67-65	9,49						
	67	1022,57	65-67	9,49		25	DAIRA, PROTECTION CIVIL,	0,655	0,110	0,765
			68-67	126,92	137,074					
			69-67	65,99						
	69	1021,80	67-69	65,99		28	coiff.,phar.,2bou ch.,	0,733	0,064	0,797
			70-69	86,76	91,098					
			71-69	66,56						
IV	72	1026,35	64-72	9,05		41	2rest.,2café,dou che,bol.,2bouch,	1,074	0,289	1,363
			79-72	284,33						
			73-72	226,56	249,216					
			74-72	67,18						
	74	1024,95	72-74	67,18		13	-	0,348	0,000	0,348
			75-74	134,30	141,015					
			76-74	41,01						
	76	1023,94	74-76	41,01		38	-	0,995	0,000	0,995
			78-76	220,57	231,60					
			77-76	90,73	95,267					

ramifié	N° Nœud	Altitude (m)	N° Tronçon	Longueur (m)	Longueur équivalent	Nbr de foyers	Etablissement	Q max j Doms (l/s)	Qmoyj Etabl (l/s)	Débit max (l/s)
V	40	1019,54	37-40	1145,38	1317,19	0	-	0,000	0,000	0,000
			54-40	242,07	271,12					
			41-40	1,32						
	41	1019,20	40-41	1,32		48	2limendarie	1,257	0,463	1,720
			42-41	788,84	885,867					
			43-41	90,71						
			53-41	363,26	417,75					
	43	1018,15	41-43	90,71		23	-	0,602	0,000	0,602
			44-43	138,62	152,482					
			45-43	14,60						
	45	1018,33	43-45	14,60		42	-	1,100	0,000	1,100
			47-45	56,33						
			46-45	200,06	210,06					
	47	1017,35	45-47	56,33		92	coiff.,boul.,bou ch., douche,	2,410	0,168	2,577
			49-47	98,45	110,95					
			48-47	188,90						
	49	1014,32	47-49	98,45	110,95	5	STADE	0,131	0,058	0,189
			52-49	119,16	131,076					
			51-49	266,74	282,74					
VI	79	1030,46	72-79	284,33		37	2café,2rest.,dou che,	0,969	0,231	1,201
			88-79	50,57						
			80-79	14,15						
			87-79	411,38	456,63					
	80	1030,53	79-80	14,15		6	-	0,157	0,000	0,157
			82-80	0,75						
			81-80	66,90	73,59					
	82	1030,65	80-82	0,75		60	café,coiff., boul.,phar.,	1,572	0,081	1,653
			84-82	54,40						
			83-82	254,94						
	84	1031,85	82-84	54,40		64	limendarie	1,676	0,231	1,908
			86-84	170,61	185,96					
			85-84	190,37	201,79					
VII	101	1034,12	88-101	225,06	249,82	0	-	0,000	0,000	0
			92-101	289,36	323,76					
			102-101	5,17						
	102	1033,89	101-102	5,17		83	-	2,174	0,000	2,174
			105-102	309,92	327,40					
			104-102	185,57	202,27					
			103-102	136,08	149,688					

ramifié	N° Nœud	Altitude (m)	N° Tronçon	Longueur (m)	Longueur équivalent	Nbr de foyers	Etablissement	Q max j Doms (l/s)	Qmoyj Etabl (l/s)	Débit max (l/s)
VIII	92	1040,49	91-92	101,56	116,79	7	-	0,183	0,000	0,183
			93-92	263,36	290,49					
			101-92	289,36	323,76					
			94-92	31,96	36,09					
	94	1039,12	92-94	31,96	36,09	11	-	0,288	0,000	0,288
			96-94	16,64						
			95-94	72,43						
	96	1039,79	94-96	16,64		14	-	0,367	0,000	0,367
			98-96	31,88	33,47					
			97-96	197,02	206,871					
	98	1039,67	96-98	31,88	33,47	45	-	1,179	0,000	1,179
			100-98	171,33	179,02					
			99-98	185,47	204,02					
IX	106	1049,47	R2-106	86,63		7	-	0,183	0,000	0,183
			91-106	157,84						
			107-106	141,33	162,53					
X	37	1019,21	36-37	8,74		0	PAR COM., MARCH., ECO.,phar., BRIG FOR.,	0,000	0,360	0,360
			40-37	1145,38	1317,19					
			38-37	244,97	269,47					
			39-37	244,60	250,72					

III.8. Dimensionnement du réseau

A partir du réservoir, l'eau est distribuée dans un réseau de canalisations, dans lesquelles les branchements seront piqués, en vue de l'alimentation des abonnées. Les canalisations devront en conséquence présenter un diamètre suffisant, de façon à assurer le débit maximal avec une pression au sol compatible avec la hauteur des immeubles.

III.8.1. Méthode de calcul

Réseau maillé

La méthode utilisée dans les calculs du réseau de distribution maillé est celle de **HARDY CROSS** effectuée par le logiciel de simulation EPANET version 2.0. Il utilise l'algorithme de **HARDY CROSS** pour déterminer les corrections des débits dans les conduites, cette méthode repose sur deux lois :

✓ **Loi de KIRCHOFF : (Principe de conservation de masse)**

En un nœud quelconque de conduites, la somme des débits qui y arrive est égale à la somme des débits qui y partent.

✓ **Loi des mailles : (Principe de conservation d'énergie)**

Le long d'un parcours orienté et fermé, la somme algébrique des pertes de charge hydraulique est nulle :

$$\Sigma \Delta H_{I-K} = \Sigma (R_{I-K} \cdot Q_{I-K}^2) = 0 \quad (\text{III.6})$$

Où :

✓ R_{I-K} : Résistance de la conduite, telle que :

$$R = \frac{8 \cdot f \cdot L}{D^5 \pi^2 g} \quad (\text{III.7})$$

Où :

- ✓ f : Coefficient de frottement (coeff. de perte de charge linéaire).
- ✓ D : Diamètre du tronçon concerné.
- ✓ Q_{I-K} : Débit du tronçon concerné.

On doit alors vérifier, d'après la deuxième loi, que la somme des pertes de charge (compte tenu des signes dans les mailles) est nulle. Ordinairement, cette égalité n'est pas vérifiée du premier coup et il est nécessaire de modifier cette répartition d'une valeur Δq à ajouter ou à retrancher selon le signe, cette valeur est donnée par la formule (II.8) ci-après :

$$\Delta q = \frac{\Sigma J}{2 \Sigma \frac{J_i}{Q_i}} \quad (\text{III.8})$$

Avec :

- ✓ ΣJ : Somme des pertes de charge dans une maille donnée en (m).
- ✓ J_i : Pertes de charge du tronçon i en (m).
- ✓ Q_i : Débit reparti préalablement pour le tronçon i en (l/s).

III.9. Modélisation hydraulique

Le logiciel EPANET contient un moteur de calcul hydraulique moderne ayant les caractéristiques suivantes :

- ✓ La taille du réseau étudié est illimitée.
- ✓ Pour calculer les pertes de charge dues à la friction, il dispose des formules de Hazan-Williams, Darcy-Weisbach, et Chézy-Manning.
- ✓ Il inclut les pertes de charge singulières aux coudes, aux tés...etc.
- ✓ Il peut modéliser des pompes à vitesse fixe ou variable.
- ✓ Il peut calculer l'énergie consommée par une pompe et son coût.
- ✓ Il peut modéliser différents types de vannes, comme les clapets anti-retour, les vannes de contrôle de pression ou de débit, des vannes d'arrêt...etc.
- ✓ Les réservoirs peuvent avoir des formes variées (Le diamètre peut varier avec la hauteur).
- ✓ Il peut y avoir différentes catégories de demandes aux nœuds, chacune avec une modulation propre.
- ✓ Il peut modéliser des consommations dépendantes de la pression.
- ✓ Le fonctionnement de la station de pompage peut être piloté par des commandes simples (heures de marche/arrêt en fonction du niveau d'un réservoir) ou complexes.

III.9.1. Formules de pertes de charge utilisées

a. Pertes de charge linéaires

La formule utilisée pour la détermination des pertes de charges linéaires est celle de Darcy-Weisbach :

$$J_1 = f \cdot L \cdot \frac{V^2}{2gD} \quad (\text{III.9})$$

Avec :

- ✓ J_1 : Pertes de charge linéaire (m).
- ✓ L : Longueur de la conduite (m).
- ✓ g : Accélération de la pesanteur ($g=9.81\text{m/s}^2$).
- ✓ f : Coefficient de frottement, qui dépend de la rugosité relative et du régime d'écoulement.

Le coefficient λ est déterminé à partir de la formule de COLBROOK-WHITE :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{K}{3,71.D} + \frac{2,51}{R.\sqrt{f}} \right) \quad (\text{III.10})$$

Avec :

✓ R_e : Nombre de Reynolds est donnée par la formule suivante :

$$R_e = \frac{vD}{\nu} \quad (\text{III.11})$$

✓ ν : Viscosité cinématique de l'eau donné par la formule de STOCKES suivante :

$$\nu = \frac{0.0178}{1+0,00337t+0.000221t^2} \quad (\text{III.12})$$

D'où, à $t = 20^\circ \text{C}$, la viscosité cinématique sera de $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

✓ K : Rugosité de la conduite, qui représente la hauteur moyenne des aspérités de la surface des parois en contact avec l'eau.

Les valeurs de la rugosité utilisées en pratique pour les conduites en PEHD sont :

- ✓ $K = 0.01 \text{ mm}$ pour $D \leq 200 \text{ mm}$
- ✓ $K = 0.02 \text{ mm}$ pour $D > 200 \text{ mm}$

b. Pertes de charge singulières

Elles sont estimées à 10 % des pertes de charge linéaires pour les conduites en PEHD :

$$J_s = 0,1.J_l \quad (\text{III.13})$$

III.9.1.2. Pertes de charge totales

Elles sont déterminées par la somme des pertes de charge linéaires et singulières :

$$J_T = J_l + J_s$$

(III.14)

b. Diamètres des conduites

Les étapes classiques de l'utilisation du logiciel EPANET pour modéliser un système de distribution d'eau sont les suivantes :

- ✓ Dessiner un réseau représentant le système de distribution ou importer une description de base du réseau enregistrée dans un fichier au format texte.
- ✓ Saisir les propriétés des éléments du réseau.
- ✓ Décrire le fonctionnement du système.
- ✓ Sélectionner un ensemble d'options de simulation.
- ✓ Lancer une simulation hydraulique.
- ✓ Visualiser les résultats d'une simulation.
- ✓ Choisir les diamètres qui donnent des vitesses entre 0,5 et 1,5 m/s.

Pour obtenir les diamètres on utilise le tableau suivant :

Tableau III. 3: Diamètres commerciales de conduite en PEHD

Désignation	Diamètre extérieur en mm	Epaisseur en mm	Diamètre Intérieur en mm	Pression service
Tube PEHD	16	/	/	10 bars
Tube PEHD	20	2.0	16	10 bars
Tube PEHD	25	2.5	20	10 bars
Tube PEHD	32	2.5	27	10 bars
Tube PEHD	40	3	34	10 bars
Tube PEHD	50	3.7	42.6	10 bars
Tube PEHD	63	4.7	53.6	10 bars
Tube PEHD	75	5.6	63.8	10 bars
Tube PEHD	90	6.7	76.6	10 bars
Tube PEHD	110	8.1	93.8	10 bars
Tube PEHD	125	9.2	106.6	10 bars
Tube PEHD	160	11.8	136.4	10 bars
Tube PEHD	200	14.7	170.6	10 bars
Tube PEHD	250	18.4	213.2	10 bars
Tube PEHD	315	19.7	275.6	10 bars
Tube PEHD	400	23.7	352.6	10bars
Tube PEHD	500	29.7	470.3	10 bars
Tube PEHD	630	51.2	527.6	10 bars

Remarque :

Nous avons adapté dans notre étude des conduites en PEHD et qui respectent la norme de pression de 10 bars.

III.10. Simulation sur le logiciel Epanet [7]

III.10.1. Cas Etude statique.

Le model statique permet de vérifier pour une configuration donnée du réseau, la satisfaction des exigences des abonnés en terme de pression et de débit. L'intérêt est de dimensionner les conduites et dispositifs hydraulique. L'état des conduites et la demande sont connus. Le niveau de détail est important, toutes les conduites sont représentées les résultats de simulation à l'aide du logiciel EPANET dans de tableau suivante :

Tableau III. 4: Caractéristiques hydrauliques des tuyaux

ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Rugosité mm	Débit LPS	Vitesse m/s	Pert. Charge Unit. m/km
01-03	250,54	275,6	0,0015	46,01	0,77	1,70
03-04	181,28	213,2	0,0015	27,81	0,78	2,35
04-06	40,41	213,2	0,0015	26,65	0,75	2,18
06-07	136,40	136,4	0,0015	9,79	0,67	3,08
07-09	185,34	34	0,0015	0,49	0,54	11,54
06_10	277,85	170,6	0,0015	16,59	0,73	2,71
11_10	183,80	106,6	0,0015	4,57	0,51	2,57
10_14	19,66	170,6	0,0015	11,75	0,51	1,46
16-15	172,51	34	0,0015	0,63	0,69	18,11
14-18	170,71	170,6	0,0015	10,24	0,45	1,14
18-22	374,73	136,4	0,0015	8,02	0,55	2,15
22-23	92,33	136,4	0,0015	5,93	0,41	1,26
23-24	50,50	42,6	0,0015	1,85	1,30	41,53
24-25	222,66	34	0,0015	0,52	0,57	12,77
24-26	158,44	34	0,0015	1,31	1,45	66,18
22-27	460,46	136,4	0,0015	10,76	0,74	3,64
27-28	13,22	76,6	0,0015	3,52	0,76	7,85
28-29	546,69	53,6	0,0015	1,83	0,81	13,49
28-30	182,29	42,6	0,0015	1,42	1,00	25,96
27_03	580,01	213,2	0,0015	17,92	0,50	1,07
27-31	41,13	76,6	0,0015	3,37	0,73	7,27
31-32	165,74	34	0,0015	0,61	0,67	17,16
31-33	222,36	76,6	0,0015	2,49	0,54	4,24
33-34	114,08	34	0,0015	0,46	0,51	10,37
33-35	169,18	34	0,0015	0,19	0,21	2,30
36-37	8,74	170,6	0,0015	6,98	0,31	0,58
37-38	269,47	34	0,0015	0,33	0,36	5,78
37-40	1317,18	136,4	0,0015	5,81	0,40	1,21

ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Rugosité mm	Débit LPS	Vitesse m/s	Pert. Charge Unit. m/km
40-41	132,00	93,8	0,0015	6,13	0,89	8,02
41-43	90,37	63,8	0,0015	4,47	1,40	28,92
43-44	152,48	34	0,0015	0,49	0,54	11,49
43-45	14,60	63,8	0,0015	3,92	1,23	22,85
45-46	210,06	34	0,0015	0,70	0,77	21,65
45-47	56,33	53,6	0,0015	2,95	1,31	31,72
47-48	188,99	34	0,0015	0,51	0,56	12,38
47-49	93,80	53,6	0,0015	2,25	1,00	19,59
49-50	174,16	42,6	0,0015	1,86	1,31	41,96
50-51	282,74	34	0,0015	0,15	0,16	1,46
50-52	131,08	34	0,0015	0,55	0,60	14,00
41-53	435,91	34	0,0015	0,32	0,35	5,48
40-54	271,12	136,4	0,0015	0,60	0,04	0,02
54-55	1,07	53,6	0,0015	2,88	1,28	30,39
55-56	223,35	34	0,0015	0,15	0,16	1,47
57-58	103,54	34	0,0015	0,44	0,49	9,82
57-59	47,90	42,6	0,0015	1,89	1,33	43,12
59-60	181,96	34	0,0015	0,37	0,41	7,06
59-61	121,26	42,6	0,0015	1,44	1,01	26,50
61-62	223,41	34	0,0015	0,80	0,89	27,74
61-63	100,60	34	0,0015	0,47	0,51	10,65
54-64	128,65	136,4	0,0015	3,75	0,26	0,56
64-65	226,56	136,4	0,0015	13,81	0,94	5,70
65-66	266,75	53,6	0,0015	1,38	0,61	8,21
65-67	9,49	53,6	0,0015	1,73	0,77	12,30
67-68	137,07	34	0,0015	0,57	0,63	15,24
67-69	65,99	42,6	0,0015	0,89	0,63	11,37
69-70	91,10	34	0,0015	0,38	0,42	7,49
69-71	66,56	34	0,0015	0,46	0,51	10,57
65-36	232,21	213,2	0,0015	17,19	0,48	0,99
64-72	9,05	136,4	0,0015	9,79	0,67	3,08
72-73	249,22	34	0,0015	1,25	1,37	60,20
72-74	67,18	42,6	0,0015	1,55	1,09	30,36
74-75	141,02	34	0,0015	0,31	0,34	5,24
74-76	41,01	42,6	0,0015	1,07	0,75	15,79
76-77	95,27	34	0,0015	0,34	0,37	6,11
72-79	284,33	136,4	0,0015	6,72	0,46	1,57
79-80	14,15	76,6	0,0015	3,40	0,74	7,38
80-81	73,59	34	0,0015	0,13	0,14	1,14
80-82	0,73	53,6	0,0015	3,15	1,39	35,58
82-83	254,94	53,6	0,0015	1,16	0,52	6,08

ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Rugosité mm	Débit LPS	Vitesse m/s	Pert. Charge Unit. m/km
82-84	54,40	53,6	0,0015	1,71	0,76	12,02
84-85	201,79	34	0,0015	1,02	1,12	41,97
84-86	185,47	34	0,0015	0,53	0,58	13,16
79-88	49,48	136,4	0,0015	2,03	0,14	0,19
88-89	563,53	213,2	0,0015	3,60	0,10	0,06
89-90	483,18	34	0,0015	0,61	0,68	17,21
89-91	17,59	213,2	0,0015	4,49	0,13	0,09
91-92	290,16	34	0,0015	0,82	0,91	28,91
92-93	72,43	34	0,0015	0,38	0,42	7,49
94-95	16,64	42,6	0,0015	1,52	1,07	29,32
94-96	206,81	34	0,0015	0,26	0,29	3,87
96-97	33,47	42,6	0,0015	0,99	0,70	13,76
96-98	204,02	34	0,0015	0,38	0,42	7,49
98-99	332,76	106,6	0,0015	3,27	0,37	1,42
92-101	5,17	53,6	0,0015	1,83	0,81	13,53
101-102	149,69	27	0,0015	0,21	0,37	8,09
102-103	202,27	34	0,0015	0,63	0,69	17,96
102-104	249,81	106,6	0,0015	5,37	0,60	3,42
101-88	157,84	213,2	0,0015	4,76	0,13	0,10
91-106	162,53	34	0,0015	0,21	0,23	2,68
106-107	86,63	213,2	0,0015	5,24	0,15	0,12
R2 -106	20,56	53,8	0,0015	1,38	0,61	8,07
33-108	25,00	213,2	0,0015	24,44	0,68	1,86
36-22	204,32	42,6	0,0015	0,99	0,69	13,57
07-08	674,03	42,6	0,0015	0,76	0,53	8,56
01-02	249,48	42,6	0,0015	1,24	0,87	20,34
14-15	118,09	34	0,0015	0,34	0,37	6,12
15-17	271,84	34	0,0015	1,00	1,10	40,58
19-21	98,16	53,6	0,0015	1,95	0,86	15,15
18-19	231,84	34	0,0015	0,63	0,70	18,31
19-20	381,50	63,8	0,0015	2,43	0,76	9,73
11_13	133,36	63,8	0,0015	1,84	0,57	5,93
11_12	119,16	34	0,0015	0,89	0,99	33,53
04-05	250,38	42,6	0,0015	0,57	0,40	5,22
37-39	209,32	53,60	0,0015	2,46	1,09	22,98
55-57	885,84	42,60	0,0015	1,07	0,75	15,75
42-41	230,49	34,00	0,0015	0,47	0,51	10,63
76-78	456,33	42,60	0,0015	1,01	0,71	14,23

ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Rugosité mm	Débit LPS	Vitesse m/s	Pert. Charge Unit. m/km
102-105	327,42	42,6	0,0015	0,72	0,51	7,80
100-98	171,33	34	0,0015	0,57	0,63	15,19
94-92	36,09	53,6	0,0015	2,18	0,96	18,39
07_23	1678,46	170,6	0,0015	8,05	0,35	0,74
R1 -01	1181,92	275,6	0,0015	47,03	0,79	1,77
Vanne 110	Sans Valeur	275,6	Sans Valeur	46,01	0,77	0,00
Vanne 111	Sans Valeur	42,6	Sans Valeur	0,76	0,53	0,00
Vanne 112	Sans Valeur	213,2	Sans Valeur	17,92	0,50	0,00
Vanne 117	Sans Valeur	213,2	Sans Valeur	27,81	0,78	0,00
Vanne 118	Sans Valeur	170,6	Sans Valeur	16,59	0,73	0,00
Vanne 119	Sans Valeur	136,4	Sans Valeur	9,79	0,67	0,00
Vanne 120	Sans Valeur	106,6	Sans Valeur	4,57	0,51	0,00
Vanne 121	Sans Valeur	170,6	Sans Valeur	10,24	0,45	0,00
Vanne 122	Sans Valeur	42,6	Sans Valeur	1,24	0,87	0,00
Vanne 123	Sans Valeur	136,4	Sans Valeur	8,02	0,55	0,00
Vanne 124	Sans Valeur	53,6	Sans Valeur	1,95	0,86	0,00
Vanne 125	Sans Valeur	136,4	Sans Valeur	5,93	0,41	0,00
Vanne 126	Sans Valeur	136,4	Sans Valeur	10,76	0,74	0,00
Vanne 127	Sans Valeur	213,2	Sans Valeur	17,19	0,48	0,00
Vanne 128	Sans Valeur	170,6	Sans Valeur	6,98	0,31	0,00
Vanne 129	Sans Valeur	106,6	Sans Valeur	10,76	1,21	0,00
Vanne 130	Sans Valeur	76,6	Sans Valeur	3,52	0,76	0,00
Vanne 131	Sans Valeur	170,6	Sans Valeur	17,92	0,78	0,00
Vanne 132	Sans Valeur	53,6	Sans Valeur	1,38	0,61	0,00
Vanne 133	Sans Valeur	53,6	Sans Valeur	1,73	0,77	0,00
Vanne 134	Sans Valeur	136,4	Sans Valeur	13,81	0,94	0,00
Vanne 135	Sans Valeur	136,4	Sans Valeur	3,75	0,26	0,00
Vanne 136	Sans Valeur	136,4	Sans Valeur	9,79	0,67	0,00
Vanne 137	Sans Valeur	136,4	Sans Valeur	0,60	0,04	0,00
Vanne 138	Sans Valeur	53,6	Sans Valeur	2,88	1,28	0,00
Vanne 139	Sans Valeur	42,6	Sans Valeur	1,01	0,71	0,00
Vanne 140	Sans Valeur	76,6	Sans Valeur	3,40	0,74	0,00
Vanne 141	Sans Valeur	106,6	Sans Valeur	5,37	0,60	0,00
Vanne 142	Sans Valeur	213,2	Sans Valeur	3,60	0,10	0,00
Vanne 143	Sans Valeur	53,6	Sans Valeur	1,83	0,81	0,00
Vanne 144	Sans Valeur	53,6	Sans Valeur	2,18	0,96	0,00
Vanne 145	Sans Valeur	34	Sans Valeur	0,82	0,91	0,00
Vanne 147	Sans Valeur	213,2	Sans Valeur	4,76	0,13	0,00
Vanne 1	Sans Valeur	275,6	Sans Valeur	47,03	0,79	47,50

Le tableau suivant (résume les calculs de pression et des pertes de charge entre les nœuds à l'aide du logiciel EPANET.

Tableau III. 5: Caractéristique hydraulique des nœuds

ID Nœud	Altitude m	Demande Base LPS	Demande LPS	Pression m
Nœud 1	1045,38	0,27	0,27	14,04
Nœud 2	1031,17	0,76	0,76	22,48
Nœud 3	1042,40	0,27	0,27	16,59
Nœud 4	1039,00	0,27	0,27	19,56
Nœud 5	1041,44	0,90	0,89	13,13
Nœud 6	1038,57	0,27	0,27	19,91
Nœud 7	1038,10	0,27	0,27	19,96
Nœud 8	1036,01	0,99	0,99	19,28
Nœud 9	1035,29	0,49	0,49	20,63
Nœud 10	1032,00	0,27	0,27	25,73
Nœud 11	1031,58	0,30	0,30	25,68
Nœud 12	1027,10	1,84	1,84	29,36
Nœud 13	1022,91	2,43	2,43	30,64
Nœud 14	1031,56	0,27	0,27	26,14
Nœud 15	1029,57	0,27	0,27	23,05
Nœud 16	1029,03	0,63	0,63	20,47
Nœud 17	1031,23	0,34	0,34	20,67
Nœud 18	1026,61	0,27	0,27	30,89
Nœud 19	1026,98	0,32	0,32	29,03
Nœud 20	1019,78	0,64	0,63	31,99
Nœud 21	1028,01	1,00	1,00	16,97
Nœud 22	1021,91	0,27	0,27	34,79
Nœud 23	1020,21	0,27	0,27	36,60
Nœud 24	1020,93	0,02	0,02	33,78
Nœud 25	1022,53	0,52	0,52	29,34
Nœud 26	1020,69	1,31	1,31	23,54
Nœud 27	1027,30	0,27	0,27	31,08
Nœud 28	1027,46	0,27	0,27	30,81
Nœud 29	1040,08	1,83	1,83	10,81
Nœud 30	1026,22	1,42	1,42	27,31
Nœud 31	1027,91	0,27	0,27	30,17
Nœud 32	1027,71	0,61	0,61	27,53
Nœud 33	1033,14	0,46	0,46	24,00
Nœud 34	1034,47	0,46	0,46	21,48
Nœud 35	1034,47	0,19	0,19	22,28
Nœud 36	1019,21	0,27	0,27	37,44

ID Nœud	Altitude m	Demande Base LPS	Demande LPS	Pression m
Nœud 37	1019,21	0,27	0,27	37,43
Nœud 38	1017,11	0,33	0,33	37,98
Nœud 39	1015,24	0,57	0,57	40,10
Nœud 40	1019,54	0,27	0,27	35,51
Nœud 41	1019,20	0,27	0,27	34,79
Nœud 42	1008,75	1,07	1,07	31,29
Nœud 43	1018,15	0,06	0,06	33,23
Nœud 44	1028,33	0,49	0,49	21,29
Nœud 45	1018,33	0,27	0,27	32,71
Nœud 46	1020,69	0,70	0,70	25,81
Nœud 47	1017,35	0,19	0,19	31,90
Nœud 48	1019,67	0,51	0,51	27,25
Nœud 49	1014,32	0,39	0,39	33,10
Nœud 50	1015,84	1,17	1,17	24,27
Nœud 51	1012,35	0,15	0,15	27,35
Nœud 52	1016,58	0,55	0,55	21,69
Nœud 53	1026,11	0,32	0,32	25,49
Nœud 54	1023,56	0,27	0,27	31,50
Nœud 55	1023,44	0,27	0,27	31,58
Nœud 56	1024,84	0,15	0,15	29,86
Nœud 57	1022,37	0,13	0,13	27,84
Nœud 58	1022,35	0,45	0,44	26,84
Nœud 59	1022,12	0,09	0,09	26,03
Nœud 60	1020,91	0,37	0,37	25,95
Nœud 61	1020,87	0,17	0,17	24,07
Nœud 62	1019,26	0,80	0,80	19,48
Nœud 63	1019,99	0,47	0,47	23,87
Nœud 64	1026,05	0,27	0,27	29,08
Nœud 65	1023,00	0,27	0,27	33,42
Nœud 66	1020,44	1,38	1,38	33,79
Nœud 67	1022,57	0,27	0,27	33,74
Nœud 68	1024,51	0,57	0,57	29,71
Nœud 69	1021,80	0,05	0,05	33,75
Nœud 70	1023,47	0,38	0,38	31,40
Nœud 71	1021,02	0,46	0,46	33,83
Nœud 72	1026,35	0,27	0,27	28,75
Nœud 73	1023,66	1,25	1,25	16,44
Nœud 74	1024,95	0,17	0,17	28,11

ID Nœud	Altitude m	Demande Base LPS	Demande LPS	Pression m
Nœud 75	1024,74	0,31	0,31	27,58
Nœud 76	1023,94	0,27	0,27	28,47
Nœud 77	1022,99	0,34	0,34	28,84
Nœud 78	1019,81	0,47	0,47	30,16
Nœud 79	1030,46	0,27	0,27	24,19
Nœud 80	1030,53	0,13	0,13	24,02
Nœud 81	1032,87	0,13	0,13	21,60
Nœud 82	1030,65	0,27	0,27	23,87
Nœud 83	1027,61	1,16	1,16	25,36
Nœud 84	1031,85	0,17	0,17	22,02
Nœud 85	1030,70	1,02	1,02	14,70
Nœud 86	1036,31	0,53	0,53	15,12
Nœud 87	1024,47	1,01	1,01	23,69
Nœud 88	1031,19	0,27	0,27	23,46
Nœud 89	1042,08	0,27	0,27	12,60
Nœud 90	1033,22	0,61	0,61	13,15
Nœud 91	1042,41	0,27	0,27	12,27
Nœud 92	1040,49	0,27	0,27	12,83
Nœud 93	1035,52	0,82	0,82	9,41
Nœud 94	1039,12	0,27	0,27	13,54
Nœud 95	1042,28	0,38	0,38	9,83
Nœud 96	1039,79	0,27	0,27	12,38
Nœud 97	1034,44	0,26	0,26	16,93
Nœud 98	1039,67	0,04	0,04	12,04
Nœud 99	1044,80	0,38	0,38	5,38
Nœud 100	1042,54	0,57	0,57	6,56
Nœud 101	1034,12	0,27	0,27	19,67
Nœud 102	1033,89	0,27	0,27	19,83
Nœud 103	1031,76	0,21	0,21	20,75
Nœud 104	1029,87	0,63	0,63	20,22
Nœud 105	1029,82	0,72	0,72	21,35
Nœud 106	1049,47	0,27	0,27	5,22
Nœud 107	1043,32	0,21	0,21	10,94
Nœud 108	1033,55	1,38	1,38	23,42
Nœud 109	1045,38	0,00	0,00	14,04
Nœud 110	1045,38	0,00	0,00	14,04
Nœud 111	1042,40	0,00	0,00	16,59
Nœud 112	1042,40	0,00	0,00	16,59

ID Nœud	Altitude m	Demande Base LPS	Demande LPS	Pression m
Nœud 113	1038,57	0,00	0,00	19,91
Nœud 114	1038,57	0,00	0,00	19,91
Nœud 115	1032,00	0,00	0,00	25,73
Nœud 116	1031,56	0,00	0,00	26,14
Nœud 117	1031,56	0,00	0,00	26,14
Nœud 118	1026,61	0,00	0,00	30,89
Nœud 119	1026,61	0,00	0,00	30,89
Nœud 120	1021,91	0,00	0,00	34,79
Nœud 121	1021,91	0,00	0,00	34,79
Nœud 122	1019,21	0,00	0,00	37,44
Nœud 123	1019,21	0,00	0,00	37,44
Nœud 124	1027,30	0,00	0,00	31,08
Nœud 125	1027,30	0,00	0,00	31,08
Nœud 126	1027,30	0,00	0,00	31,08
Nœud 127	1023,00	0,00	0,00	33,42
Nœud 128	1023,00	0,00	0,00	33,42
Nœud 129	1023,00	0,00	0,00	33,42
Nœud 130	1026,05	0,00	0,00	29,08
Nœud 131	1026,05	0,00	0,00	29,08
Nœud 132	1023,56	0,00	0,00	31,50
Nœud 133	1023,56	0,00	0,00	31,50
Nœud 134	1030,46	0,00	0,00	24,19
Nœud 135	1030,46	0,00	0,00	24,19
Nœud 136	1031,19	0,00	0,00	23,46
Nœud 137	1031,19	0,00	0,00	23,46
Nœud 138	1034,12	0,00	0,00	19,60
Nœud 139	1040,49	0,00	0,00	12,83
Nœud 140	1040,49	0,00	0,00	12,83
Nœud 141	1042,41	0,00	0,00	12,27
Nœud 143	1045,38	0,00	0,00	61,54
Réservoir 159	1108,51	Sans Valeur	47,03	0,50
Réservoir 160	1054,21	Sans Valeur	5,24	0,50

a. Résultats de la simulation

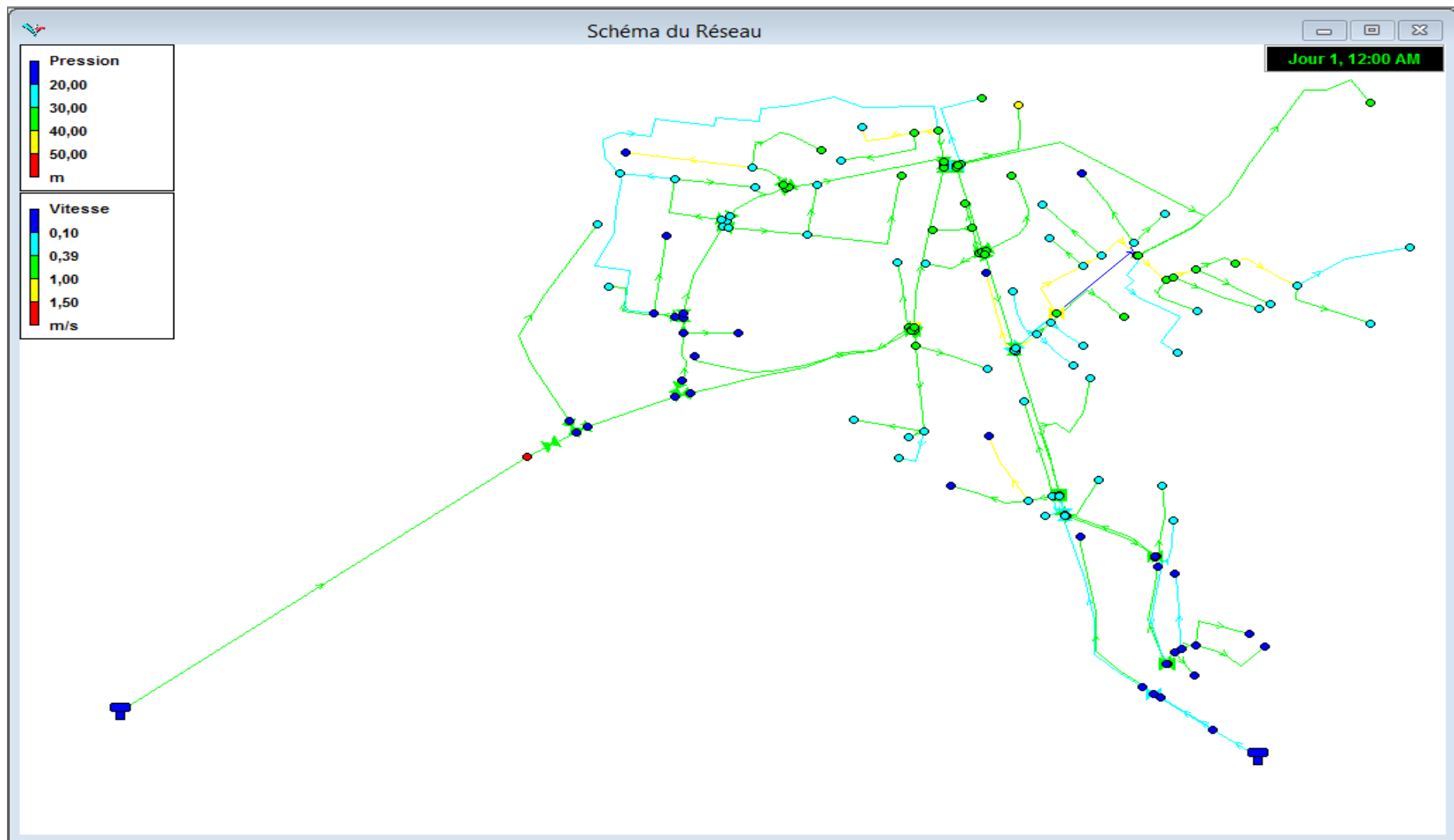


Figure III. 4: les vitesses et les pressions dans le réseau de distribution

Un premier dimensionnement a été fait en prenant des diamètres initiaux des axes principaux, et en fixant la position de la source d'alimentation au niveau de la conduite «Alimentation ».

La simulation a été faite avec le logiciel« EPANET», en fixant comme contraintes, l'obtention de paramètres hydrauliques adéquats à savoir :

- Pression minimale de 5,22 m
- Vitesse comprise entre 0.39 m/s et 1.45m/s
- Diamètre minimum des conduites de 34 mm
- Formules hydrauliques : Darcy –Weisbach

Remarque : il y a quelques faibles vitesses au niveau de la distribution dans le réseau, car la connexion d'un petit nombre de la population dans certaines régions

On remarque, que d'une façon générale les pressions sont acceptables par rapport à la norme (entre 0.5 et 4 bar).

III.10.2. Cas Etude dynamique

La simulation à l'état dynamique est utilisée pour évaluer les performances du système avec le temps, ce type d'analyse permet à l'utilisateur de modeler le remplissage et le vidange des réservoirs

La demande en eau dans un système d'alimentation en eau potable varie selon l'année, la saison, la journée et même d'une heure à l'autre au cours de la même journée. Cette demande dépend étroitement du niveau de vie qui évolue sans cesse, des conditions météorologiques variables avec la saison et même avec la journée, et de l'heure de la journée à laquelle elle se manifeste. Ainsi la consommation en eau potable des populations varie de façon importante ; elle est très influencée par le type du dispositif d'alimentation en eau, la disponibilité de la pression, les habitudes culturelles, les normes et les modes de vie, l'utilisation qui est fait de l'eau, ainsi que son coût et sa qualité.

a.1 Evaluation de la consommation horaire en fonction du nombre d'habitant

- Le débit horaire d'une agglomération est variable selon l'importance de cette dernière.
- Dans nos besoins, nous avons besoin de 120 m³ \ j d'eau pour éteindre le feu pendant 2 heures par jour, égale à 2.76 l/s. Expliqué ci-dessous divisé par 1.38 l/s dans 13 :00 -15.00 h et 1.38 l/s dans 14 :00 – 15.00 h
- La variation des débits horaires d'une journée est représentée en fonction du nombre d'habitants dans le tableau suivant :

Tableau III. 6: répartition des débits horaires en fonction du nombre d'habitants

Heures	Nombre d'habitants				
(h)	Moins de 10000	10001 à 50000	50001 à 100000	Plus de 100000	Agglomération de type rurale
0-1	1	1.5	3	3.35	0.75
1_2	1	1.5	3.2	3.25	0.75
2_3	1	1.5	2.5	3.3	1
3_4	1	1.5	2.6	3.2	1
4_5	2	2.5	3.5	3.25	3
5_6	3	3.5	4.1	3.4	5.5
6_7	5	4.5	4.5	3.85	5.5
7_8	6.5	5.5	4.9	4.45	5.5
8_9	6.5	6.25	4.9	5.20	3.5
9_10	5.5	6.25	4.6	5.05	3.5
10_11	4.5	6.25	4.8	4.85	6
11_12	5.5	6.25	4.7	4.6	8.5
12_13	7	5	4.4	4.6	8.5
13-14	7	5	4.1	4.55	6
14-15	5.5	5.5	4.2	4.75	5
15-16	4.5	6	4.4	4.70	5
16-17	5	6	4.3	4.65	3.5
17-18	6.5	5.5	4.1	4.35	3.5
18-19	6.5	5	4.5	4.4	6
19-20	5	4.5	4.5	4.3	6
20-21	4.5	4	4.5	4.3	6
21-22	3	3	4.8	3.75	3
22-23	2	2	4.6	3.76	2
23-24	1	1.5	3.3	3.7	1

Remarque :

Cette variation des débits horaires est exprimée en pourcentage (%) par rapport au débit maximal journalier de l'agglomération.

Pour notre cas on choisit la répartition **entre** 10001 et 50000. (Puisque le nombre d'habitants à l'année 2040 sera 11182 hab.)

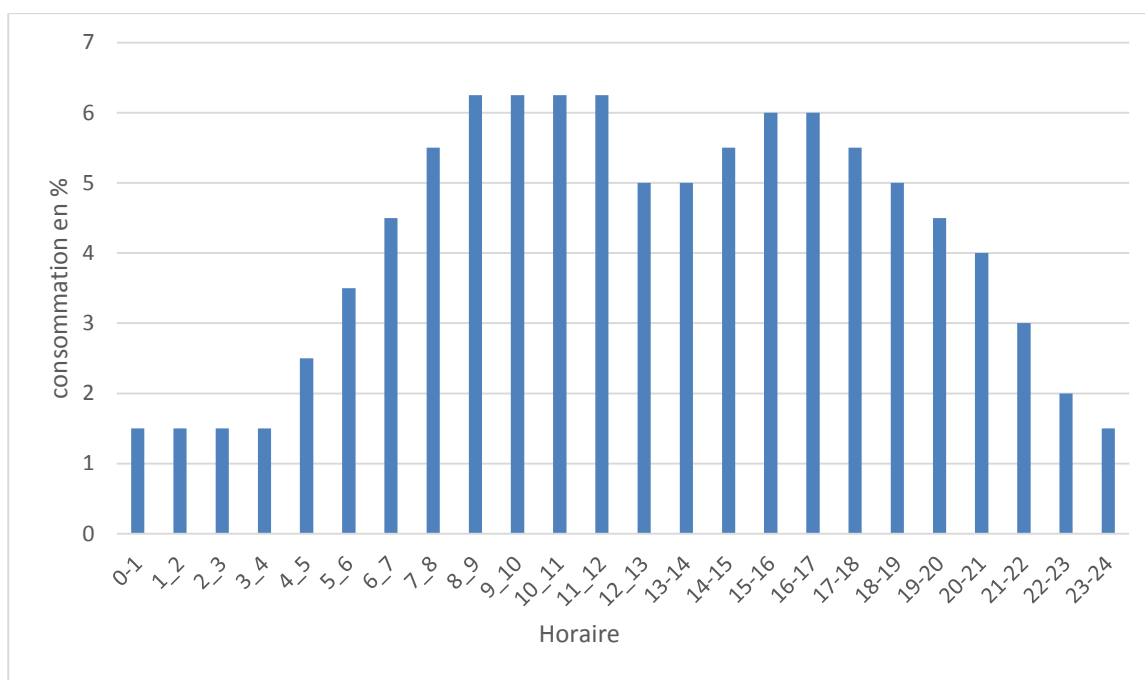


Figure III. 5: diagramme de Répartition des débits horaires en fonction du nombre d'habitants

b. Courbe de modulation

Il calcule, en fonction d'une description de la structure du réseau et de la répartition des consommations, les débits, vitesses et pressions en tout point. Ce calcul est réalisé en régime permanent (simulation instantanée pour des conditions de fonctionnement telles que le jour de pointe, l'heure de pointe) ou en régime dynamique (évolution du réseau sur 24 heures). La consommation peut être asservie à la pression de distribution.

La simulation dynamique à pas de temps adaptatif pour assurer précision et transparence.

Les résultats de calcul sont obtenus dans le tableau suivant : $Q_{\max j} = 34,21 \text{ l/s}$

Tableau III. 7: Détermination le débit max de demande

Horaire H	de 100001 à 20000 %	Débit max de demande =34,21 l/h	Débit de demande de l'incendie l/s	Courbe de modulation	Courbe de modulation avec l'incendie
0-1	1,5	0,51	-	0,36	0,32
1_2	1,5	0,51	-	0,36	0,32
2_3	1,5	0,51	-	0,36	0,32
3_4	1,5	0,51	-	0,36	0,32
4_5	2,5	0,86	-	0,60	0,53
5_6	3,5	1,20	-	0,84	0,74
6_7	4,5	1,54	-	1,08	0,96
7_8	5,5	1,88	-	1,32	1,17
8_9	6,25	2,14	-	1,50	1,33
9_10	6,25	2,14	-	1,50	1,33
10_11	6,25	2,14	-	1,50	1,33
11_12	6,25	2,14	-	1,50	1,33
12_13	5	1,71	-	1,20	1,06
13-14	5	1,71	1,38	1,20	2,44
14-15	5,5	1,88	1,38	1,32	2,55
15-16	6	2,05	-	1,44	1,27
16-17	6	2,05	-	1,44	1,27
17-18	5,5	1,88	-	1,32	1,17
18-19	5	1,71	-	1,20	1,06
19-20	4,5	1,54	-	1,08	0,96
20-21	4	1,37	-	0,96	0,85
21-22	3	1,03	-	0,72	0,64
22-23	2	0,68	-	0,48	0,42
23-24	1,5	0,51	-	0,36	0,32
total	100	34,21	2,76	24,00	24,00

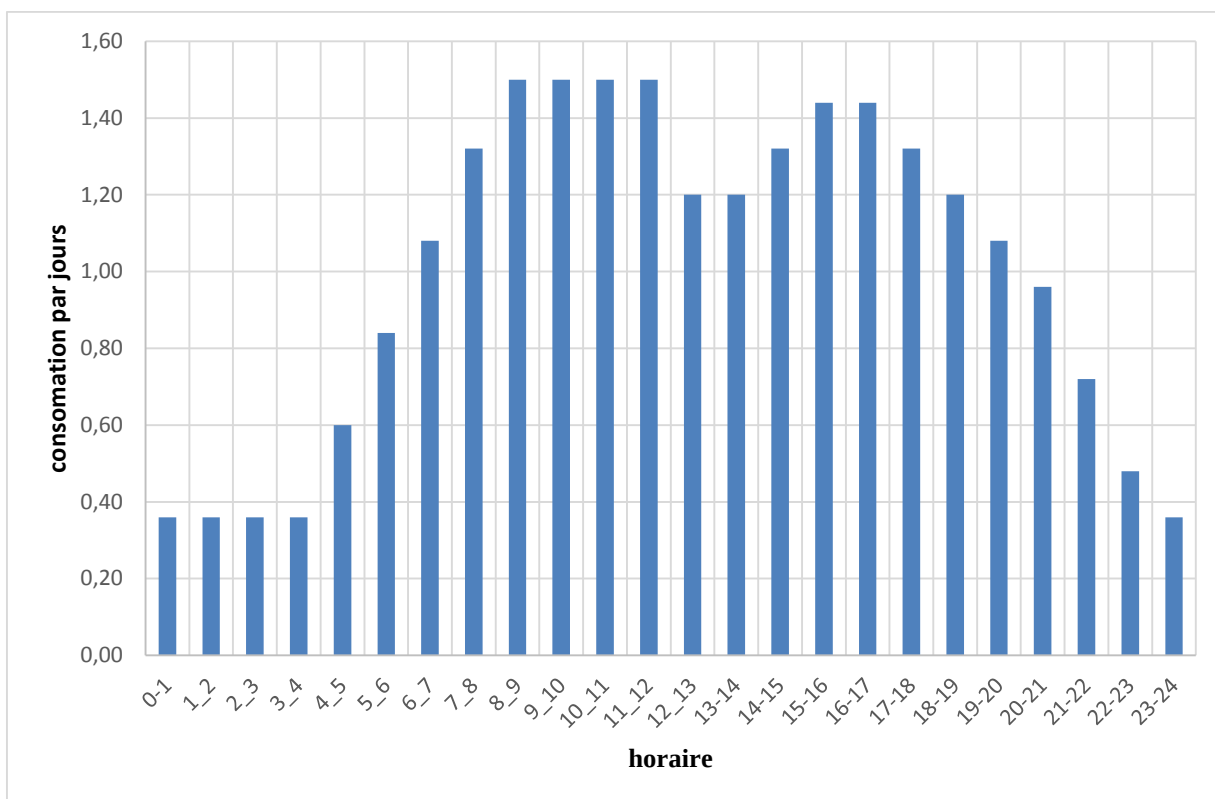


Figure III. 6: Courbe de modulation

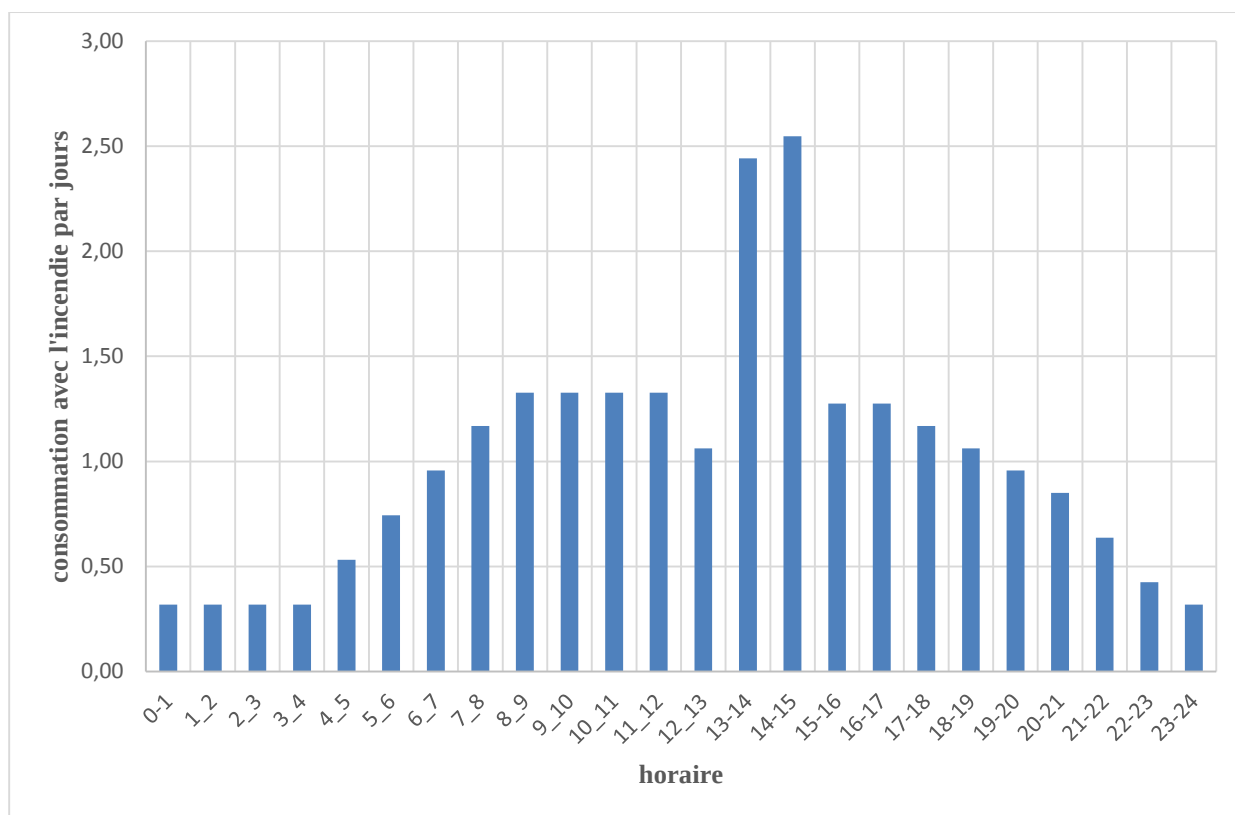


Figure III. 7: Courbe de modulation avec l'incendie

III.9.2.3. Résultat de simulation dynamique

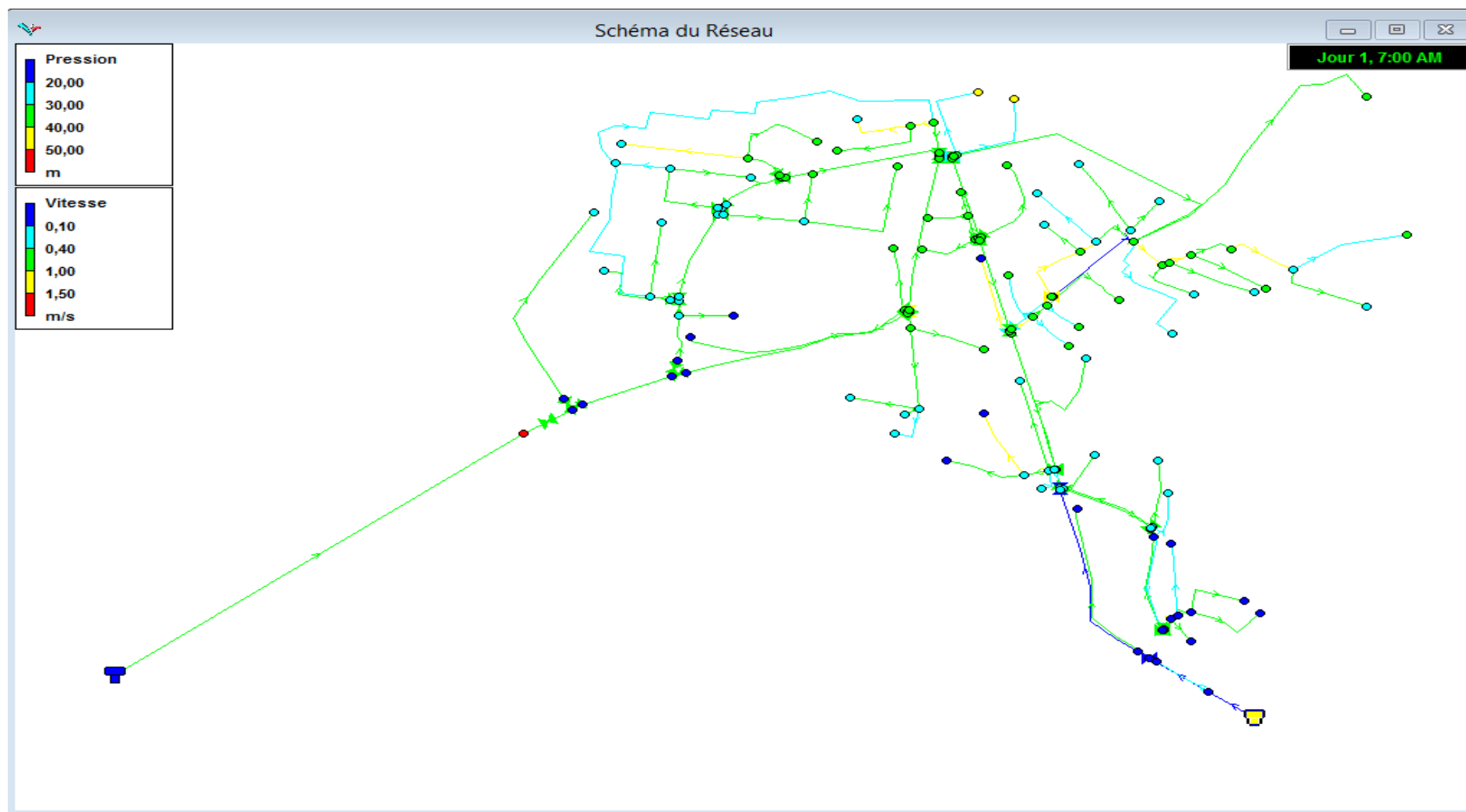


Figure III. 8: les vitesses et les pressions dans le réseau de distribution avec le temps à 07 :00 h

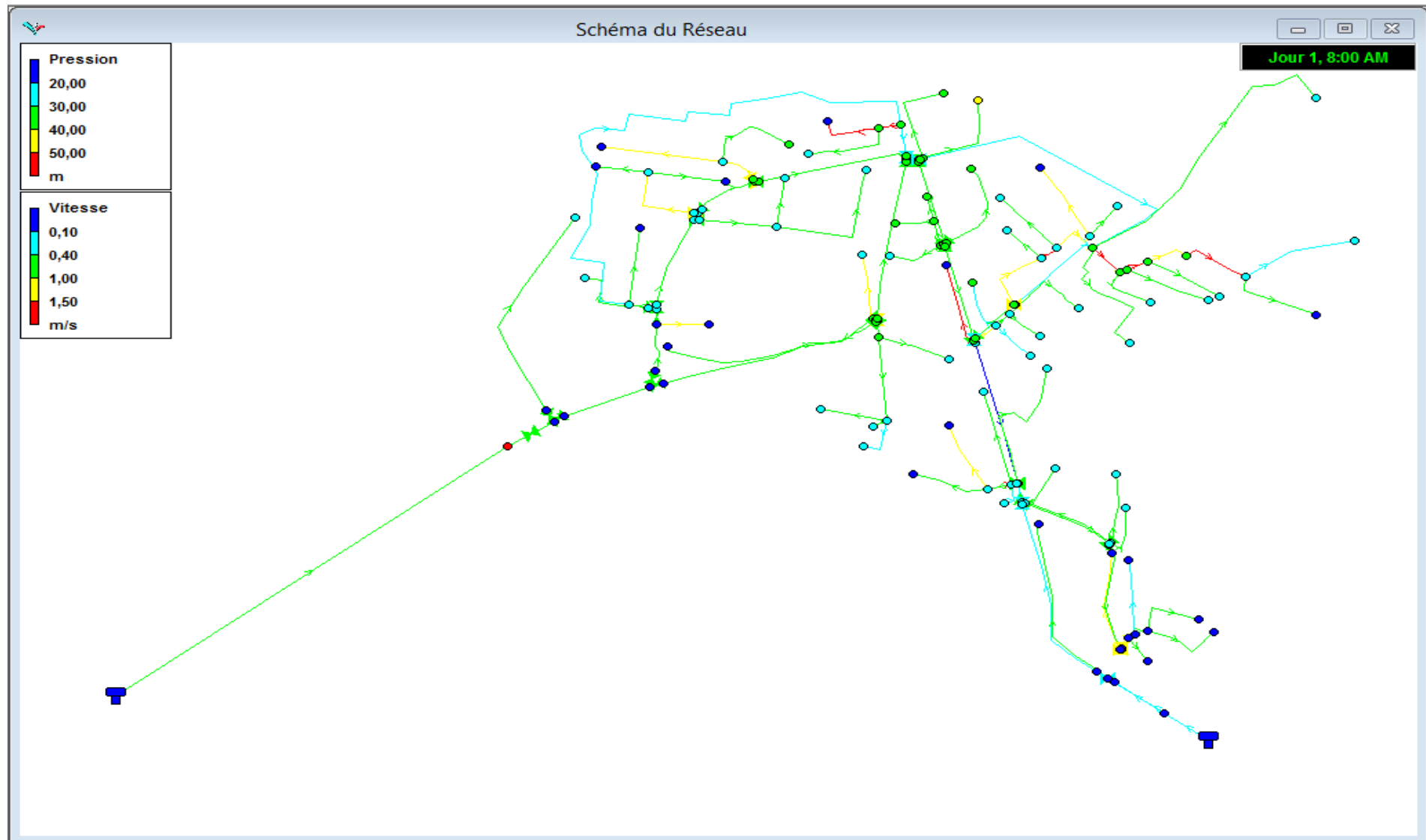


Figure III. 9: les vitesses et les pressions dans le réseau de distribution avec le temps à 08:00 h

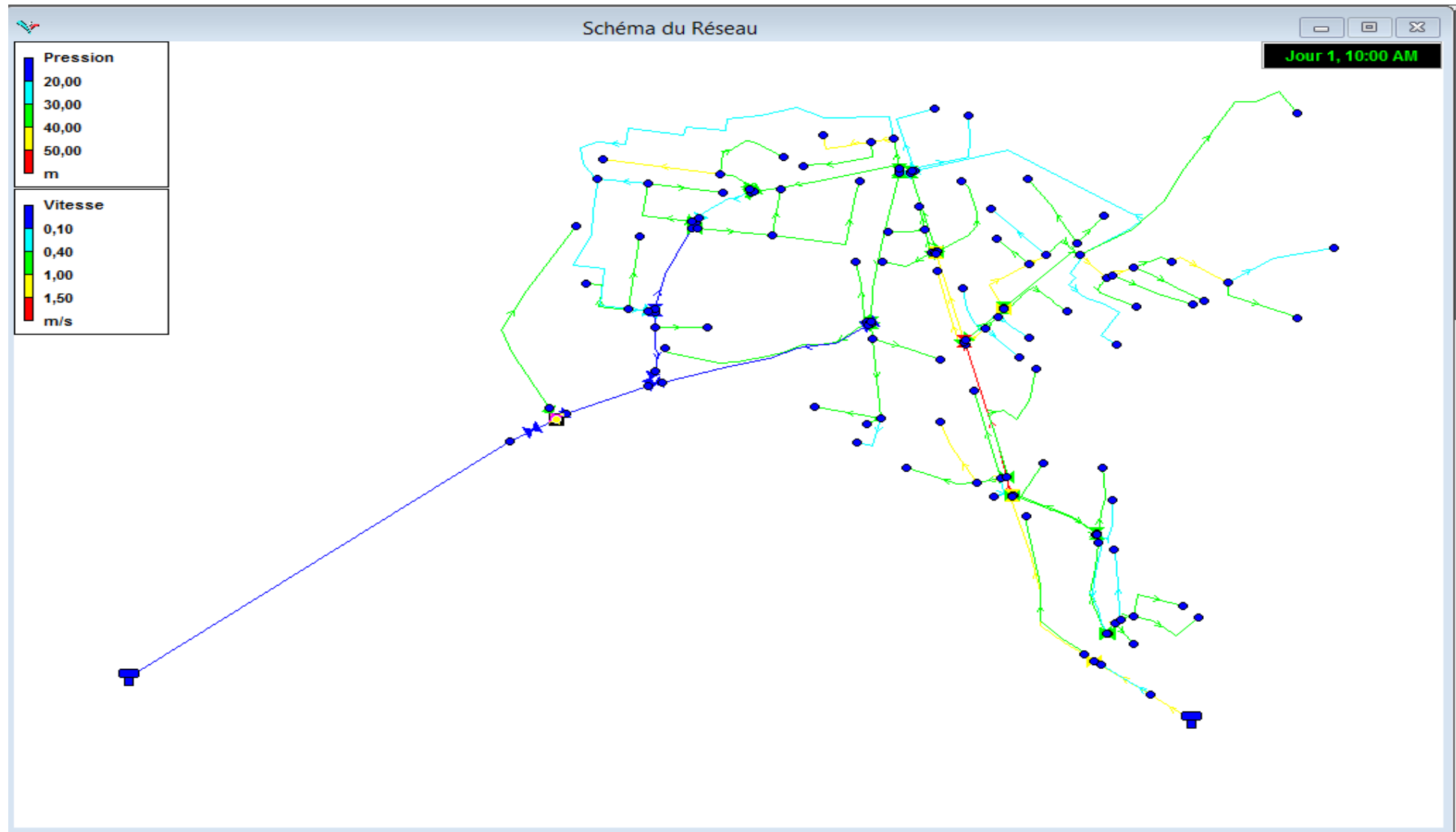


Figure III. 10: les vitesses et les pressions dans le réseau de distribution avec le temps à 10:00 h

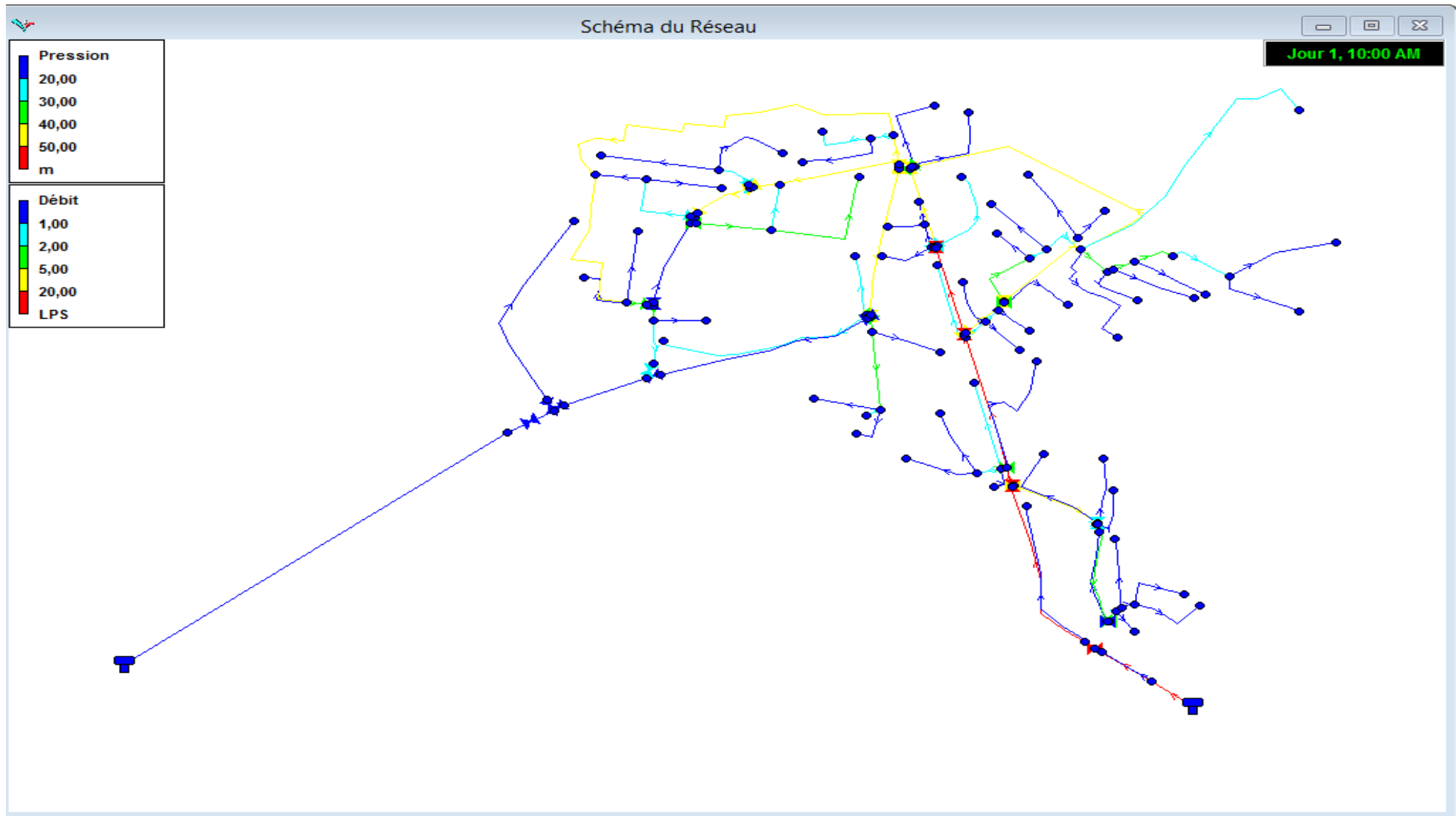


Figure III. 11: les débit et les pressions dans le réseau de distribution avec le temps à 10:00 h

Après l'application de système de simulation dans les 24 heures pour toutes les régions est appliquée pour simuler le réseau de transport ou de distribution qui reproduit le comportement dynamique du système existant ou proposé habituellement, on constate que la différence entre les paramètres hydrauliques (vitesse d'écoulement dans le réseau), le réseau de distribution est directement liée à la consommation de différentiel durant le jour où augmente la demande (pic) vitesse, nous avons vu une augmentation significative de la vitesse dans certaines régions, l'expansion de la population. Pendant les quelques heures nous avons remarqué la faible vitesse et une augmentation significative de la pression due à une demande plus faible dans différentes heures par jour.

III.11. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fait une vérification du réseau de distribution en eau potable de la ville de TIMGAD et pour mener à bien notre vérification en a fait une simulation statique et dynamique à l'aide le logiciel **Epanet** qui recuit des données qu'on a calculée (débit des nœuds), et la connaissance des diamètres existant ainsi que les longueurs, et les cotes de terrain naturelle tout ça pour assurer le bon fonctionnement de cette réseau.