

Gestion intelligente des ouvrages de rétention à la Ville de Montréal

Présentation INFRA 2017

PAR :

Kamal Hamai, ing., M.Sc. – Ville de Montréal

Martin Pleau, ing, M.Sc., Ph.D. – Tetra Tech

4 décembre 2017

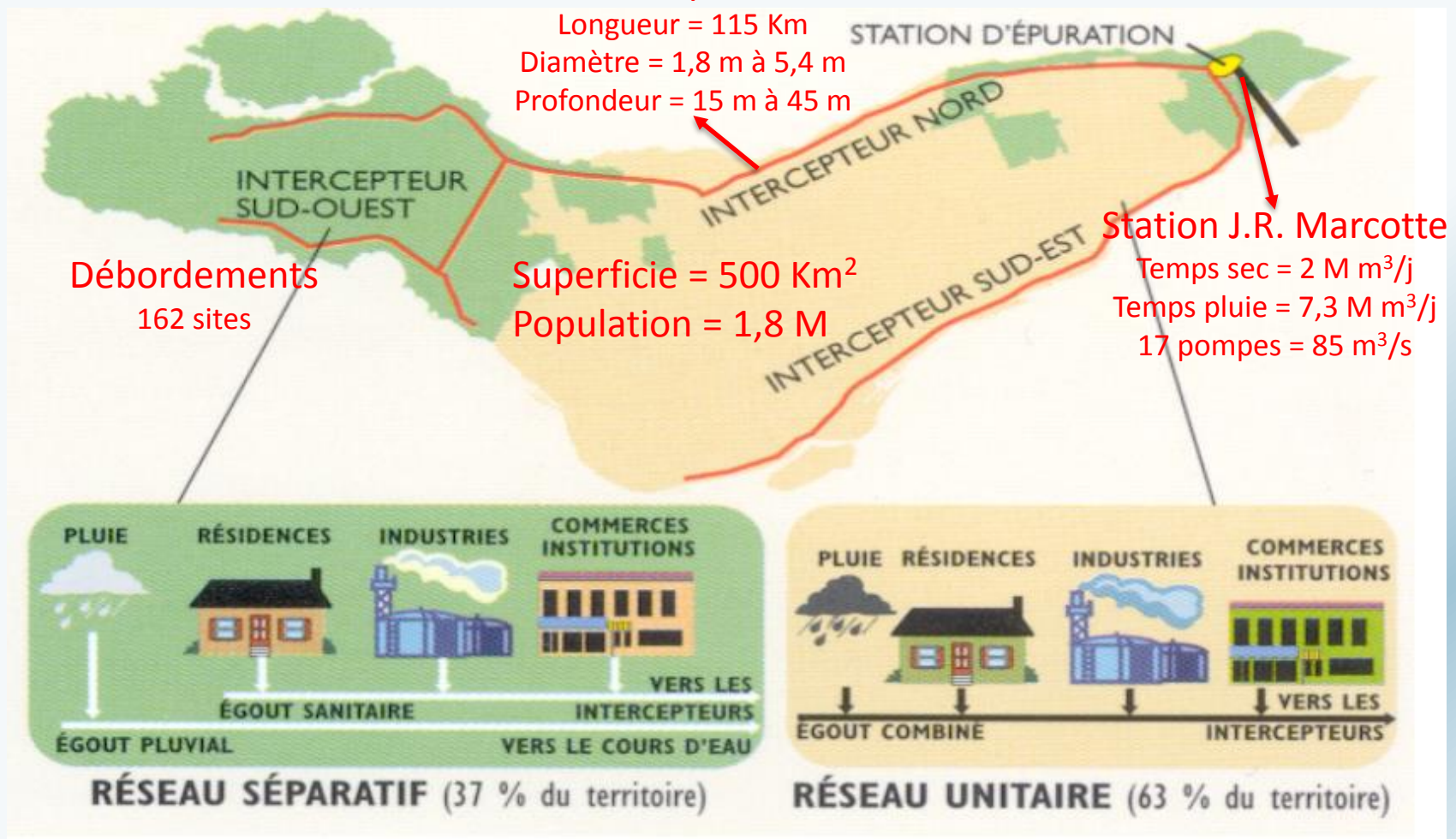


TABLE DES MATIÈRES

- **LE RÉSEAU DES EAUX USÉES DE LA VILLE DE MONTRÉAL**
 - Le réseau d'interception
 - Les structures de régulation
 - Les sites de stockage
- **LE SYSTÈME DE CONTRÔLE INTÉGRÉ DES INTERCEPTEURS (CIDI)**
 - Historique et objectifs poursuivis
 - Composantes
 - Modes de contrôle
 - Performances de gestion
- **GESTION DES DÉBORDEMENTS ET PERSPECTIVES FUTURES**
 - Améliorations au système de collecte et d'interception
 - Construction de nouveaux bassins de rétention
 - Double usage des ouvrages de rétention (débordements et inondations)
 - Intégration des nouveaux ouvrages au système de contrôle (CIDI)
 - Ajout d'indicateurs de performance (plateforme HydroWeb)

LE RÉSEAU DES EAUX USÉES DE LA VILLE DE MONTRÉAL

LE RÉSEAU D'INTERCEPTION Intercepteurs

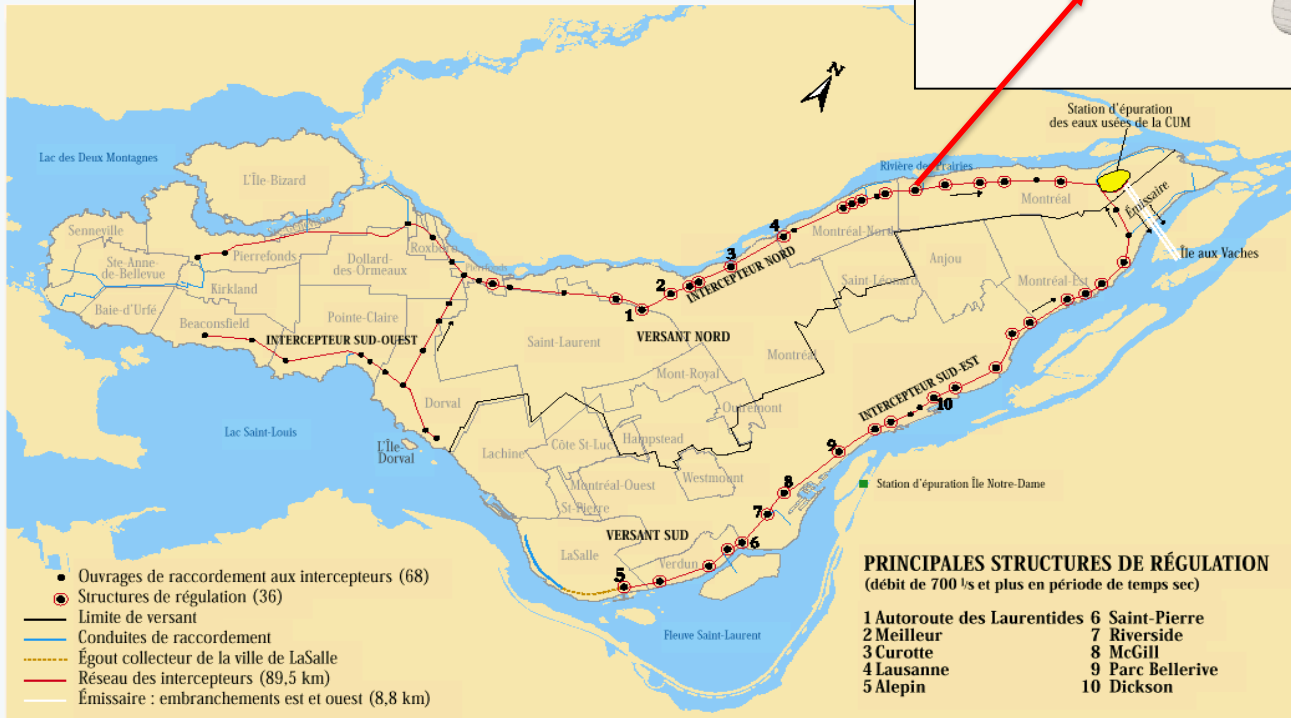
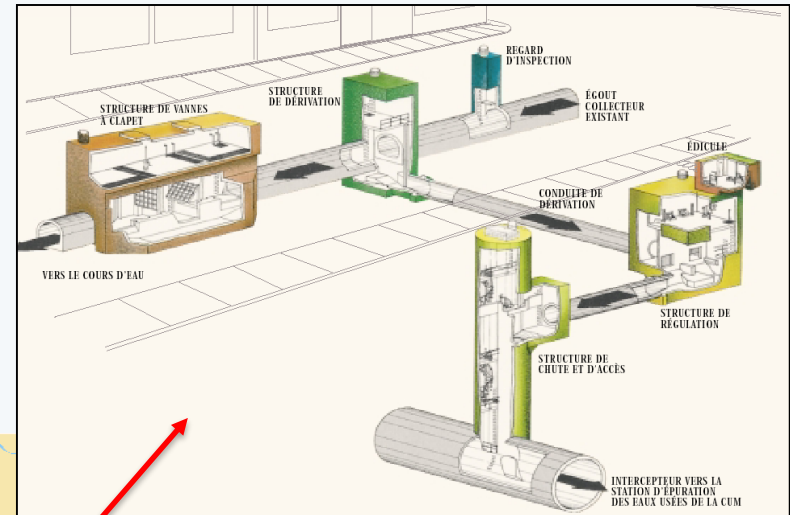


LE RÉSEAU DES EAUX USÉES DE LA VILLE DE MONTRÉAL

LES STRUCTURES DE RÉGULATION

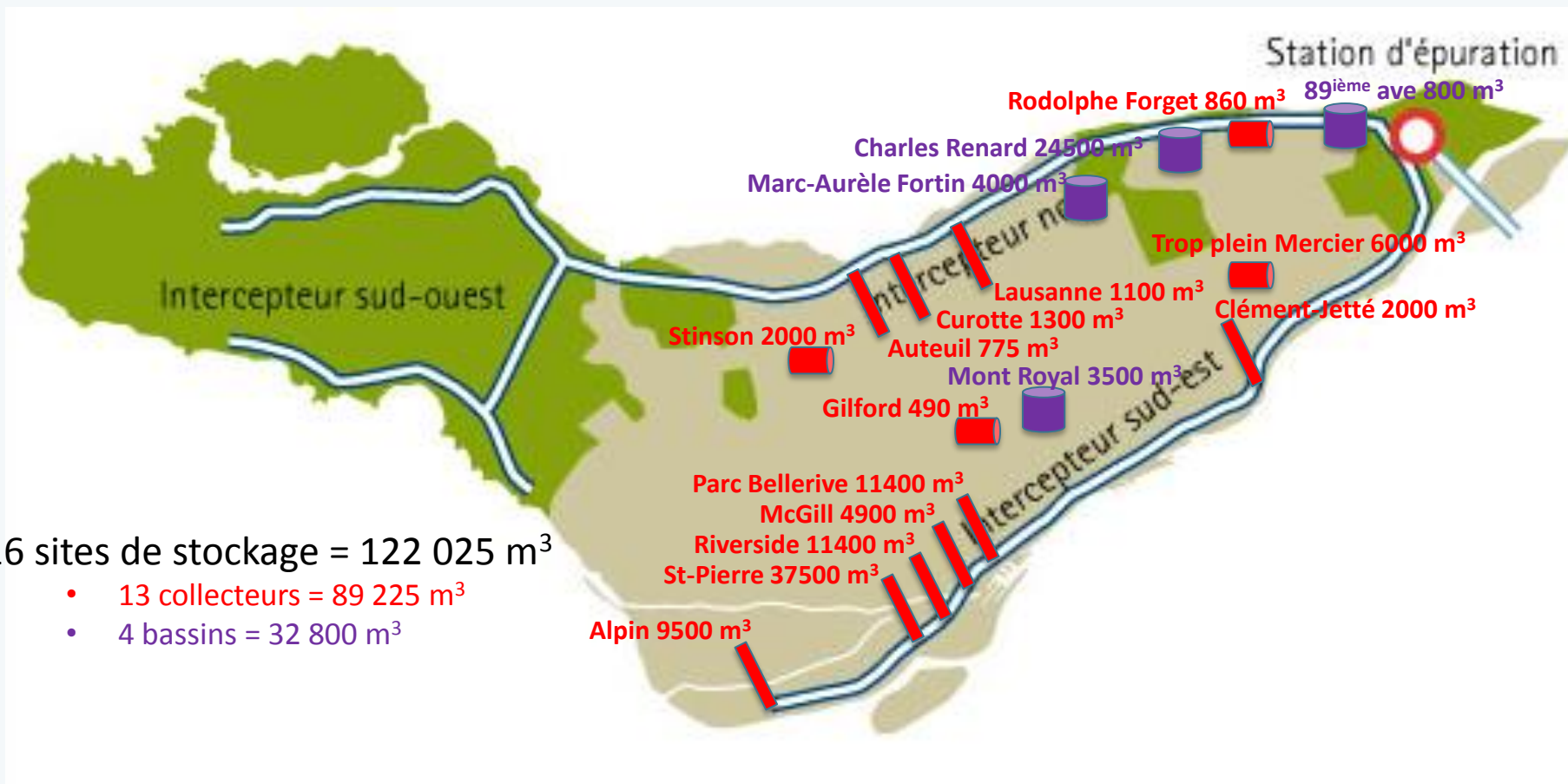
68 points de connections aux intercepteurs
36 sites de régulation dynamique

- Nord = 17 sites
- Sud-Est = 19 sites



LE RÉSEAU DES EAUX USÉES DE LA VILLE DE MONTRÉAL

LES SITES DE STOCKAGE



16 sites de stockage = 122 025 m³

- 13 collecteurs = 89 225 m³
- 4 bassins = 32 800 m³

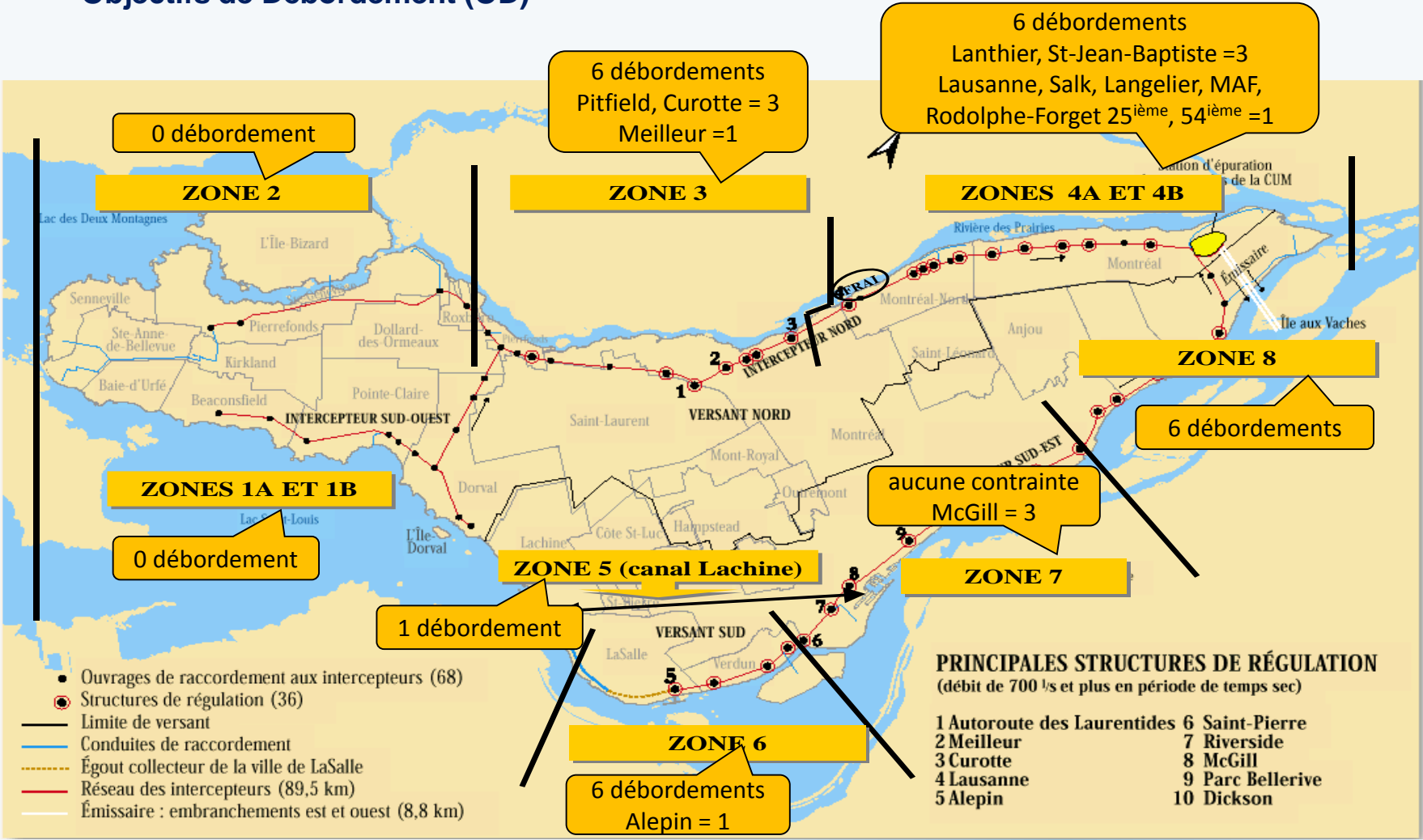
LE SYSTÈME DE CONTRÔLE INTÉGRÉ DES INTERCEPTEURS

• HISTORIQUE ET OBJECTIF POURSUIVIS

Date	Sites de régulation dynamique		Sites de stockage	Objectifs de gestion
	Nombre de sites	Mode de contrôle		
1995-2004 (Pré-CIDI)	36	Mode pluie (règles heuristiques)	9 collecteurs en amont des structures de régulation (89 225 m ³)	Maximisation de la capacité des intercepteurs
2004-2009 (CIDI Phase I)	Idem au Pré-CIDI	Saison estivale – Mode Global 26 sites règles heuristiques 10 sites en contrôle optimal	Idem au Pré-CIDI	Minimisation des volumes débordés
		Saison hivernale 36 sites règles heuristiques		
2010-2017 (CIDI Phase II)	Pré-CIDI + 7	Saison estivale - Mode Global 4 sites règles locales 39 sites en contrôle optimal	Pré-CIDI + 4 bassins (32 800 m ³) 4 collecteurs (9 350 m ³)	CIDI Phase I + Priorisation des débordements en fonction des OD
		Saison hivernale – Mode Édicule 7 sites règles locales 36 sites contrôle étendu		

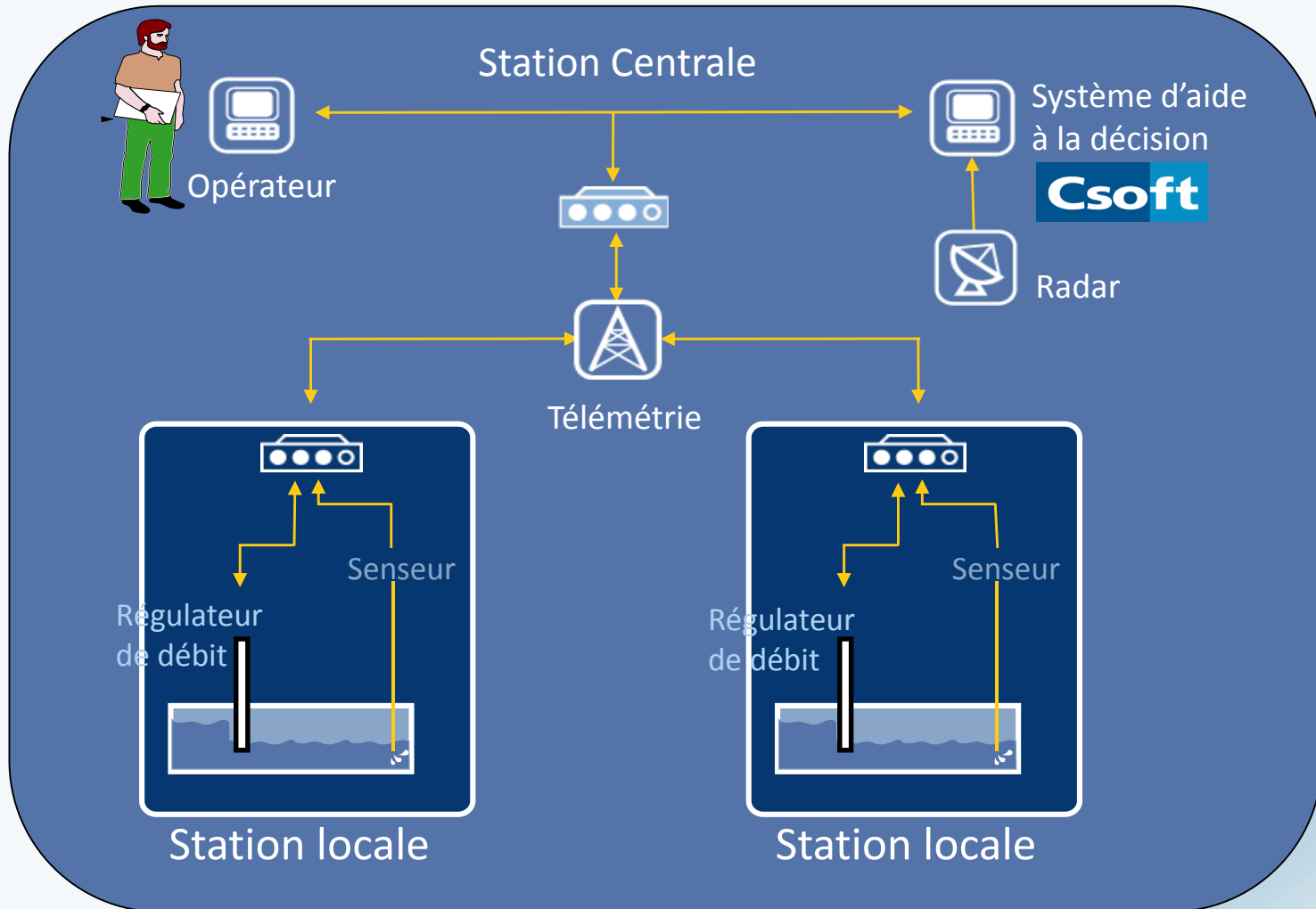
LE SYSTÈME DE CONTRÔLE INTÉGRÉ DES INTERCEPTEURS

- HISTORIQUE ET OBJECTIF POURSUIVIS
 - Objectifs de Débordement (OD)



LE SYSTÈME DE CONTRÔLE INTÉGRÉ DES INTERCEPTEURS

- COMPOSANTES - Architecture



LE SYSTÈME DE CONTRÔLE INTÉGRÉ DES INTERCEPTEURS

- COMPOSANTES – Capteurs**

type	nombre	technologie	Rôle CIDI
Pluviomètre	51	Auget basculeur	Stratégie gestion Intensités de pluie (intrants pour simulation) Calibration radar
Radar	1	Doppler	Stratégie gestion Intensités de pluie future (intrant pour simulation)
Limnimètre	203	Bulle à bulle, radar ultrasonique Cellule à pression	Stratégie gestion Calcul débit et volume Contrôle des vannes Enregistrement surverses
Débitmètre	68	Virtuel	Stratégie gestion Actualisation et calage modèle d'optimisation Contrôle des vannes
Volumètre	28	Virtuel	Actualisation modèle d'optimisation
Position vanne	77	Encodeur optique	Calcul débit Contrôle des vannes

LE SYSTÈME DE CONTRÔLE INTÉGRÉ DES INTERCEPTEURS

- COMPOSANTES – Pluviomètres (51)



LE SYSTÈME DE CONTRÔLE INTÉGRÉ DES INTERCEPTEURS

- **COMPOSANTES – Régulateurs de débit**

VANNES GUILLOTINES (77)

36 sites de régulation dynamique (68)

Bassin Charles Renard Mont-Royal (4)

Collecteur Rodolphe-Forget, Gilford et Stinson (5)

POMPES (21)

Puits Nord et Sud (17)

Bassin 89^{ième} Ave (2)

Trop-plein Mercier (2)



LE SYSTÈME DE CONTRÔLE INTÉGRÉ DES INTERCEPTEURS

COMPOSANTES – L'interface opérateur

Display Menu
Last Page Menu
Personal Menu
MSG
DIAG

H001, INTERCEPTEUR-NORD

CIDI

Etat du systeme CIDI: Disponible

Strategie CIDI: Auto - Temps pluie

Gestion prev. meteo: Normale

Validite: Valide

Calibration prev. meteo: Normale

Presence d'alarme mineure: Alarme

Presence d'alarme critique: Aucune

	NORD	SUD
Cap. Pumpage (m3/s)	38.5	36.0
Opti	Opti	Opti

NORD

INTERCEPTEUR NORD

SUD

Prevision debit Intercepteur Nord

T+120	T+60	T+30	T
38.1	33.4	29.8	26.6

Debits (m3/s)

Nord	Deverse	Sud	Reverse	Station
20.6	12632	32.4	17559	61.2

Niveaux (m)

Puits Nord	Puits Sud
5.7	0.6
5.2	0.1

CIDI & PREVISIONS METEO

* Niveau de riviere calcule

WD/Lien/UA	Pitfield	Obrien	Autorout.	Meilleur	StLaurent	Auteuil	Curotte	Lausane	Henault	Salk	Lanthier	Langel	MAFortin	Ave 25	R-Forget	Ave 54	SJBRDP
S Niv.Int1 (m)	1.2	0.5	0.6	2.7	3.0	3.1	3.0	3.2	3.0	2.9	3.0	3.2	3.2	3.0	3.0	2.9	2.7
T Niv.Int2 (m)		0.0	0.7				3.0	3.1				3.3	3.2				
R Niv.Aval (m)							EmiUrg>	2.0			EmiUrg>	3.1					
U Q Int. (m3/s)	3.4	3.6	3.9	5.9	17.6	14.5	14.8	13.0	17.9	21.1	20.5	22.3	23.5	23.7	24.4	25.6	27.0
C Deriv. (m/h)	0.0	4.9	0.4	2.7	2.2	0.0	2.8	3.5	0.9	0.6	0.6	2.7	2.2	0.3	0.3	0.2	0.2
T Capacite																	
U Intercepteur																	
S Q Coll (m3/s)	0.04	2.50	7.21	17.29	0.00	1.53	3.32	7.23	2.80	0.23	0.44	4.19	1.21	2.03	0.87	0.85	0.13
V Niv.Am1 (%)	8.8	109.5	76.8	107.4	298.6	396.2	523.5	54.8	65.0	27.5	26.7	231.8	144.8	56.2	28.9	25.9	8.4
N Niv.Am2 (%)			96.8				406.5	331.4				229.4	146.7				
S Niv.Riv. (m)	16.6 *	*	*	*	*	17.4	117.8	10.1	9.1	9.0 *	9.1 *	8.8 *	7.1	8.5 *	8.4 *	8.3 *	7.6
A Matie Vannes	Edicule	Edicule	Sicos	Edicule	Edicule	Edicule	Sicos	Sicos	Edicule	Edicule	Edicule	Sicos	Sicos	Edicule	Edicule	Sicos	Edicule
N Verrouillage																	
S Position (%)	3	57	68	84	0	15	28	100	50	10	22	39	34	45	18	25	3
N Vannes 1	Prim.		Prim.	Prim.		Prim.	Prim.	Prim.	Prim.			Prim.	Prim.		Prim.	Local	Prim.
S Vannes 2	1		0	82		0	1	0	49			0	0		21		3
N Vannes 3			100														
S Gestion CIDI	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Br.Act.	Normal
N Pos. DMTS	10% 0%	15%	30% 0%	30% 0%	15%	25% 0%	55% 0%	55% 0%	20% 0%	10%	10%	20% 0%	15% 0%	20%	10%	10% 0%	10% 0%
S Surv. (m3)	0	0	0	0	0	0	6924	0	0	0	0	3618	340	0	0	0	0

F1	PAGE PRECEDENTE
F6	PAGE SUIVANTE

F2	SECTEUR 1 ETATS
F7	SECTEUR 1 ALARMES

F3	SECTEUR 1 GROUPE 1 ETATS
F8	SECTEUR 1 GROUPE 1 TENDANCES

F4	SECTEUR 1 GROUPE 2 ETATS
F9	SECTEUR 1 GROUPE 2 TENDANCES

F5	SECTEUR 1 GROUPE 3 ETATS
F10	SECTEUR 1 GROUPE 3 TENDANCES

LE SYSTÈME DE CONTRÔLE INTÉGRÉ DES INTERCEPTEURS

• COMPOSANTES – Système d'aide à la décision (Csoft)

Modélisation

Module de modélisation (modèle hydraulique d'optimisation)

- Réseau
- Stratégies (fonction «objectif»)
- Contraintes d'opération



- Types de gestion disponibles pour vannes et pompes:
- Statique
 - Local hauteur (PID)
 - Local débit (PID)
 - Global Optimal **Csoft**

Simulation

Module de simulation



- Paramètres de simulation
- Intrants de simulation

Types d'intrants de simulation:

- Marée
- Données pluviométriques
- Prévisions météorologiques **Csoft**
- Mesures de débit, de hauteur et de volume **Csoft**

- Pilotage de simulateurs commerciaux (SWMM 5, InfoWorksCS)

Gurobi Optimization Programmation linéaire mixte

- Détermination de consignes optimales de pilotage

- Calage en ligne du modèle hydraulique d'optimisation servant à la détermination des consignes optimales de pilotage

- Résultats de simulation



Calage

Module de calage du modèle hydraulique simplifié



- Paramètres de calage
- Intrants de calage (hydrographes)

Gurobi Optimization Programmation linéaire

- Calage en temps différé

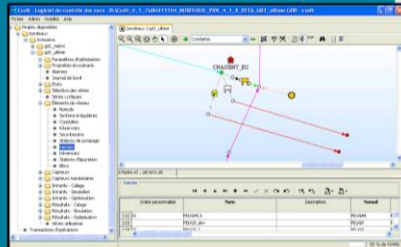
- Résultats de calage



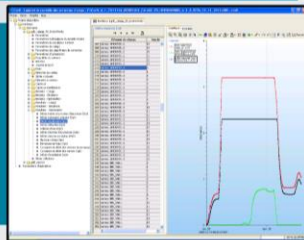
Interfaces

Interfaces graphiques et tabulaires **Csoft**

- Modules de modélisation, de simulation et de calage
- Modélisation graphique
- Accès aux paramètres de simulation et de calage



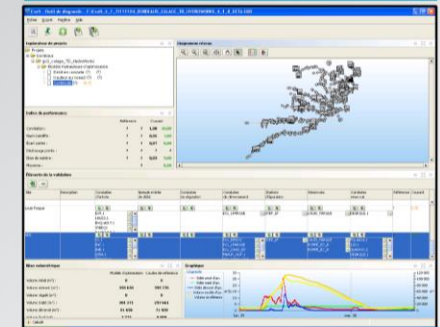
- Consultation des résultats de simulation et de calage



Diagnostic

Module outils de diagnostic **Csoft**

- Validation des modèles hydrauliques de référence et d'optimisation
- Validation des performances des stratégies de gestion



Base de données

Base de données relationnelle (Oracle ou Microsoft SQL)



- Météorologie
- Modélisation
- Paramètres de simulation et de calage
- Intrants de simulation et de calage
- Résultats de simulation et de calage

Rapports

Module des rapports **Csoft**

- Bilan des déversements par événement, annuel
- Récurrence de pluie

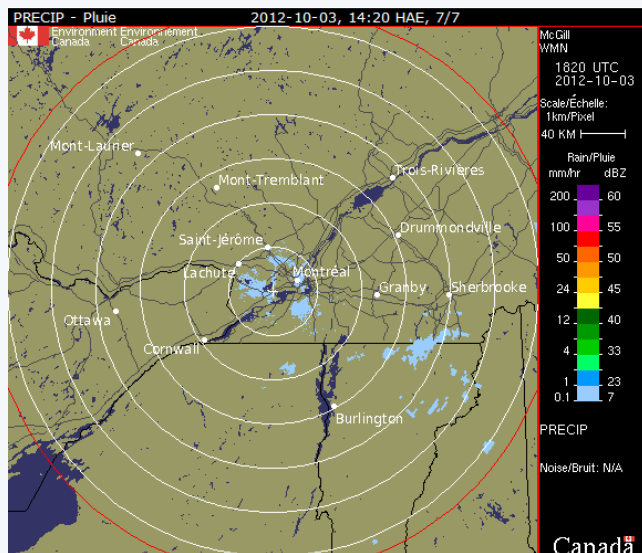


LE SYSTÈME DE CONTRÔLE INTÉGRÉ DES INTERCEPTEURS

- **COMPOSANTES – Radar et prévisions météo**

Caractéristiques	
Paramètre	Spécification
Superficie des pixels	1 km ²
Nombre de pixels	659 (622 utilisés par le CIDI)
Intervalle de prévision	5 minutes
Horizon de prévision	2 heures

Radar McGill



Prévision Maple

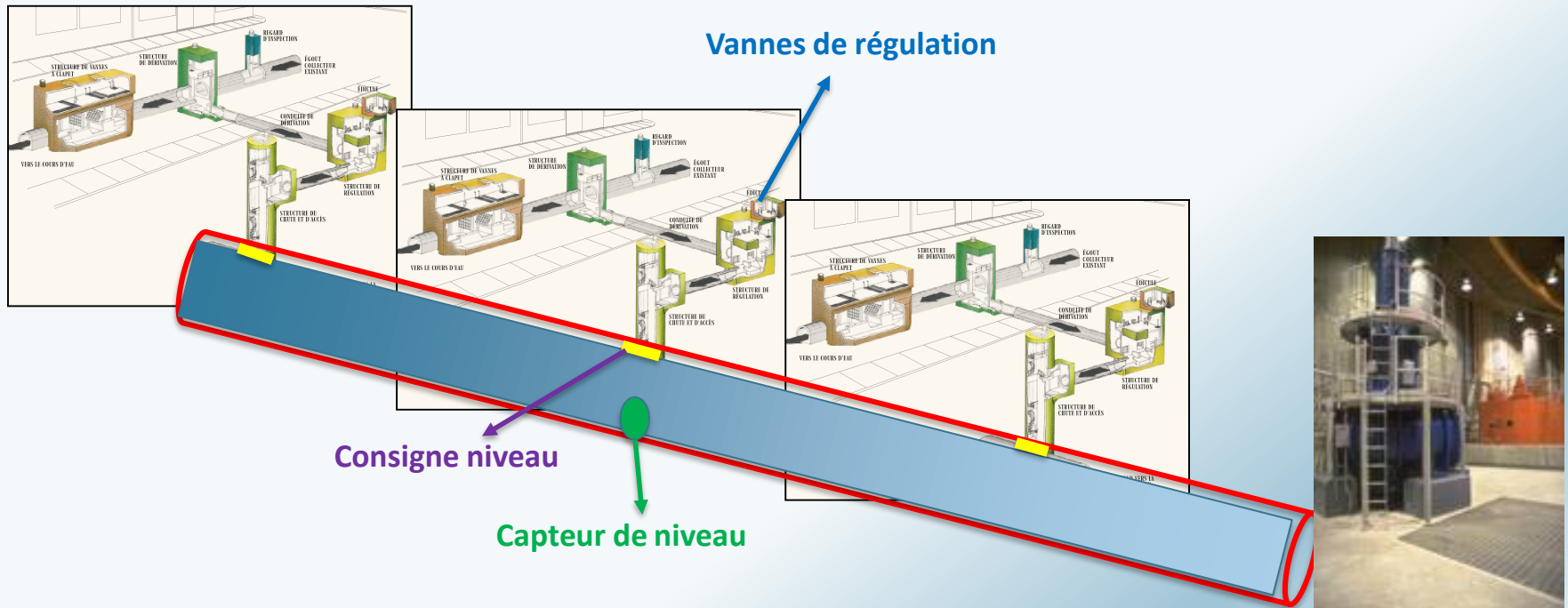
(McGill Algorithm for Precipitation Nowcasting by Lagrangian Extrapolation)



LE SYSTÈME DE CONTRÔLE INTÉGRÉ DES INTERCEPTEURS

• MODE DE CONTRÔLE – Édicule

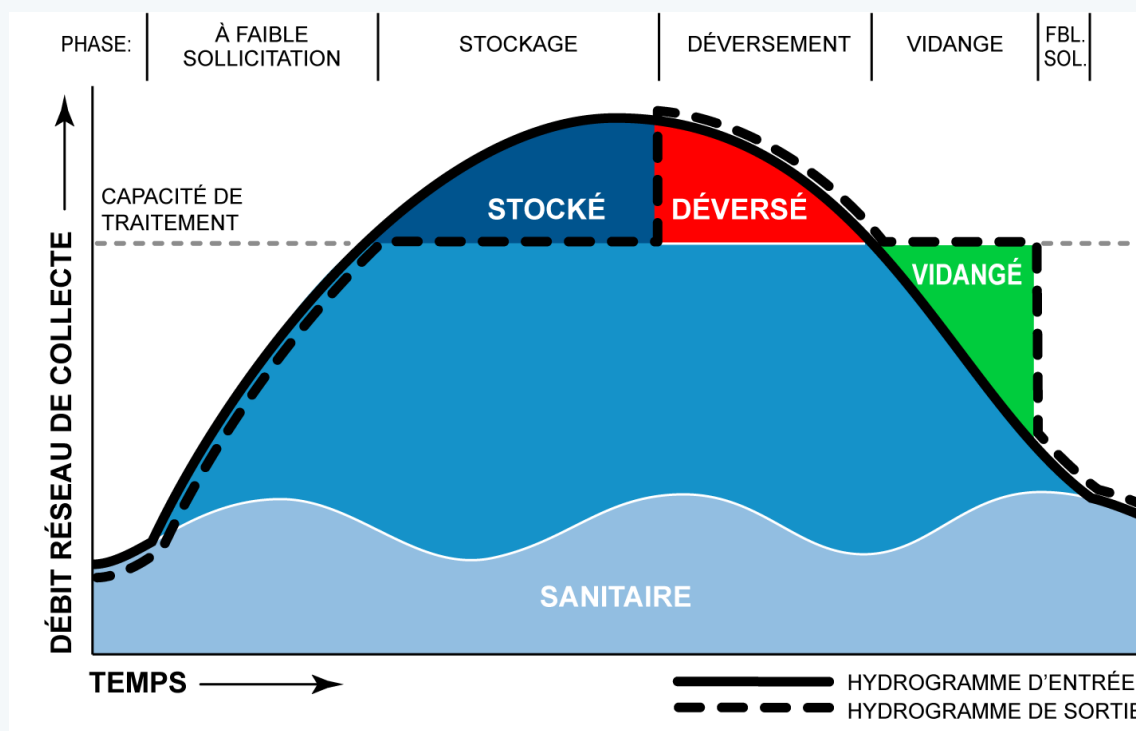
Contexte d'opération	Objectif de gestion	Méthode de gestion	Consignes de gestion
<ul style="list-style-type: none"> • Période non-estivale • Prévion pluie non dispo • Modèle peu précis • Chute à neige • Fonte de neige 	<ul style="list-style-type: none"> • Maximiser la capacité de transport des intercepteurs (sans surcharge) 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle étendu (basée sur les mesures de niveau des intercepteurs) 	<ul style="list-style-type: none"> • Dynamique en niveau (basée sur les capacités de pompage et les niveaux des puits) • 36 consignes (1 par régulateur dynamique)



LE SYSTÈME DE CONTRÔLE INTÉGRÉ DES INTERCEPTEURS

• MODE DE CONTRÔLE – Global

Contexte d'opération	Objectif de gestion	Méthode de gestion	Consignes de gestion
<ul style="list-style-type: none"> • Période estivale • Prévion pluie disponible • Modèle précis 	<ul style="list-style-type: none"> • Minimiser les débordements • Protéger les sites de surverses selon leur OER • Minimiser les temps de vidange 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle optimal 	<ul style="list-style-type: none"> • Dynamique en débit (basée sur les prédictions d'un modèle et d'une fonction objectif à minimiser • 39 consignes



LE SYSTÈME DE CONTRÔLE INTÉGRÉ DES INTERCEPTEURS

- **PERFORMANCES DE GESTION**

CIDI PHASE I
(2004-2009)

32 % (Intercepteur N.)
et 20 % (Intercepteur S.)
de réduction du nombre
de débordements annuels

Débit maximal traité de 85 m³/s

CIDI PHASE II
(2010-2017)

Volumes débordés réduits de
l'ordre de 50% aux sites aux
priorités
très élevée et élevée

Débit maximal traité de 85 m³/s

GESTION DES DÉBORDEMENTS ET PERSPECTIVES FUTURES

- **AMÉLIORATIONS AU SYSTÈME DE COLLECTE ET D'INTERCEPTION**
 - Remplacement des vannes et actionneurs dans les chambres de régulation

PÉRIODE	ACTIONS	BÉNÉFICES ATTENDUS
2007-2016	Remplacement de 67 actionneurs électriques par des actionneurs hydrauliques	<ul style="list-style-type: none">- Actionneurs plus robustes et plus adaptés à la modulation fréquente- Précision plus élevée
	Remplacement de 65 vannes de régulation en fonte par des vannes en acier inoxydable	<ul style="list-style-type: none">- Réduire la fréquence des bris qui ont un impact négatif sur les débordements- Facilité d'entretien

GESTION DES DÉBORDEMENTS ET PERSPECTIVES FUTURES

- **AMÉLIORATIONS AU SYSTÈME DE COLLECTE ET D'INTERCEPTION**
 - Exemple des nouveaux équipements (vanne et actionneur)



GESTION DES DÉBORDEMENTS ET PERSPECTIVES FUTURES

• AMÉLIORATIONS AU SYSTÈME DE COLLECTE ET D'INTERCEPTION

- Installation de débitmètres dans les collecteurs

PÉRIODE	ACTIONS	BÉNÉFICES ATTENDUS
2014-2016	Installation de 5 débitmètres (4 temps de transit et un vitesse surfacique) sur le réseau de collecte de l'intercepteur Nord	<ul style="list-style-type: none">- Meilleure évaluation des apports à l'intercepteur (temps de pluie et temps sec)- Calage en temps réel du modèle hydrologique- Calage des équations de calcul des débits sous-vanne- Performance accrue du CIDI visant la réduction des débordements

GESTION DES DÉBORDEMENTS ET PERSPECTIVES FUTURES

- **AMÉLIORATIONS AU RÉSEAU DE COLLECTE**

- Exemples d'installation de débitmètres dans les collecteurs

Temps de transit

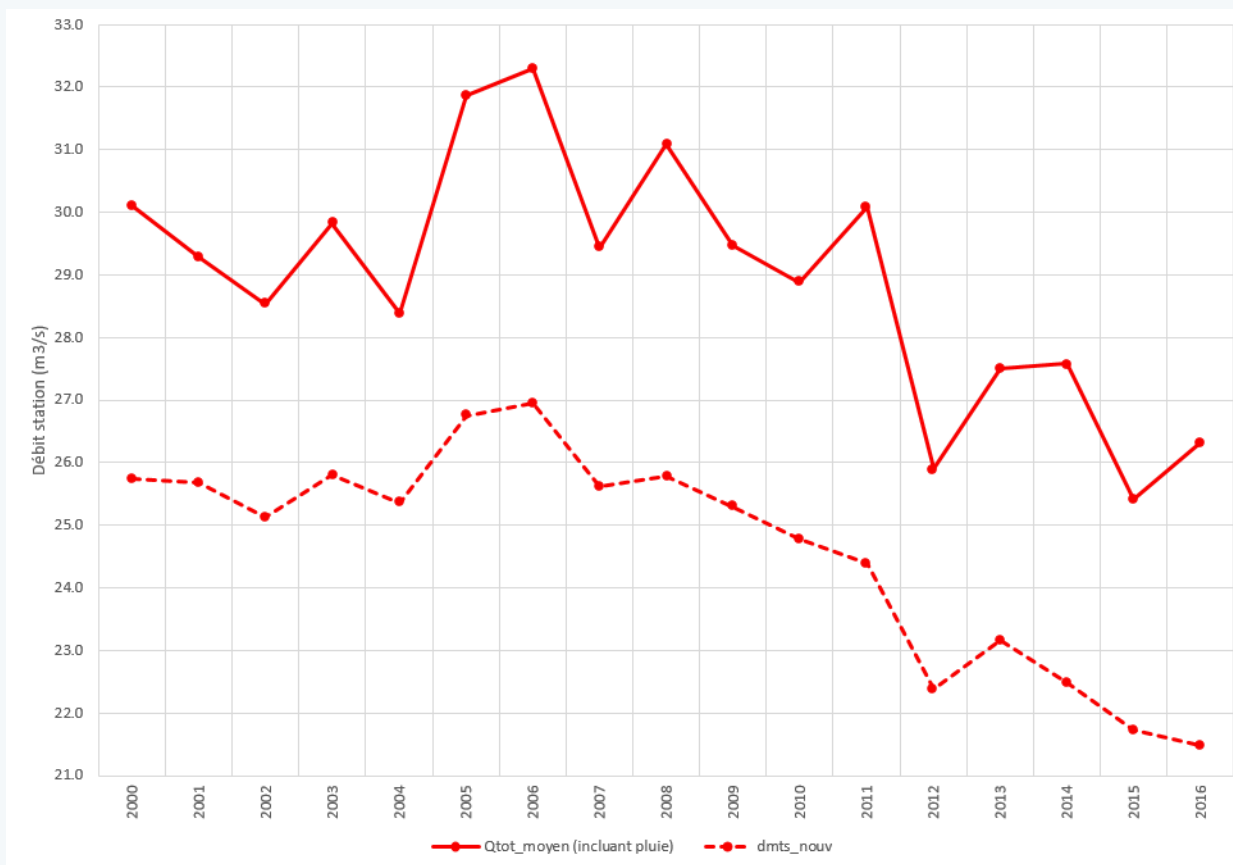


Vitesse surfacique



GESTION DES DÉBORDEMENTS ET PERSPECTIVES FUTURES

- **AMÉLIORATIONS AU SYSTÈME DE COLLECTE ET D'INTERCEPTION**
 - Réhabilitation des conduites des réseaux d'eau



GESTION DES DÉBORDEMENTS ET PERSPECTIVES FUTURES

- **CONSTRUCTION DE NOUVEAUX BASSINS DE RÉTENTION**
- Bassins de rétention existants intégré ou en phase d'intégration au CIDI

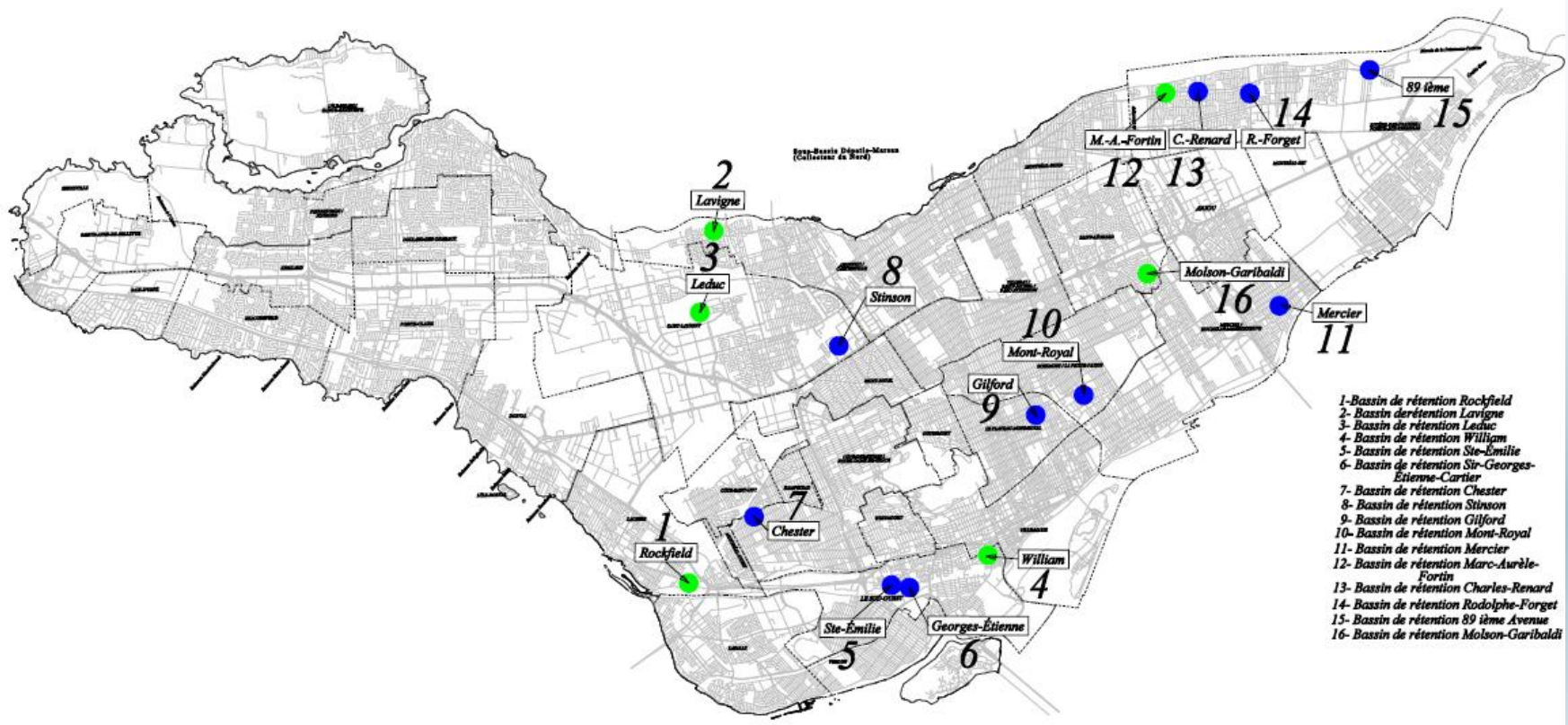
Nom	Année de construction	Capacité (m ³)	Vocation
Mont-Royal	1998	3 500	Refoulements
Charles-Renard	2004	24 500	Double usage
Trop-plein Mercier	2006	6 000	débordements
89 ^e avenue	2006	800	débordements
Stinson	2007	2 000	débordements
Marc-Aurèle Fortin	2016	4 000	débordements

- Bassins de rétention futurs à intégrer au CIDI

Nom	Année de construction	Capacité (m ³)	Vocation
Lavigne	2019	23 000	Double usage
Leduc	2019	60 000	Double usage
Rockfield	2019 /2020	45 000	Double usage
William	2019/2020	8 000	Double usage
St-Thomas	2021	15 000	Double usage

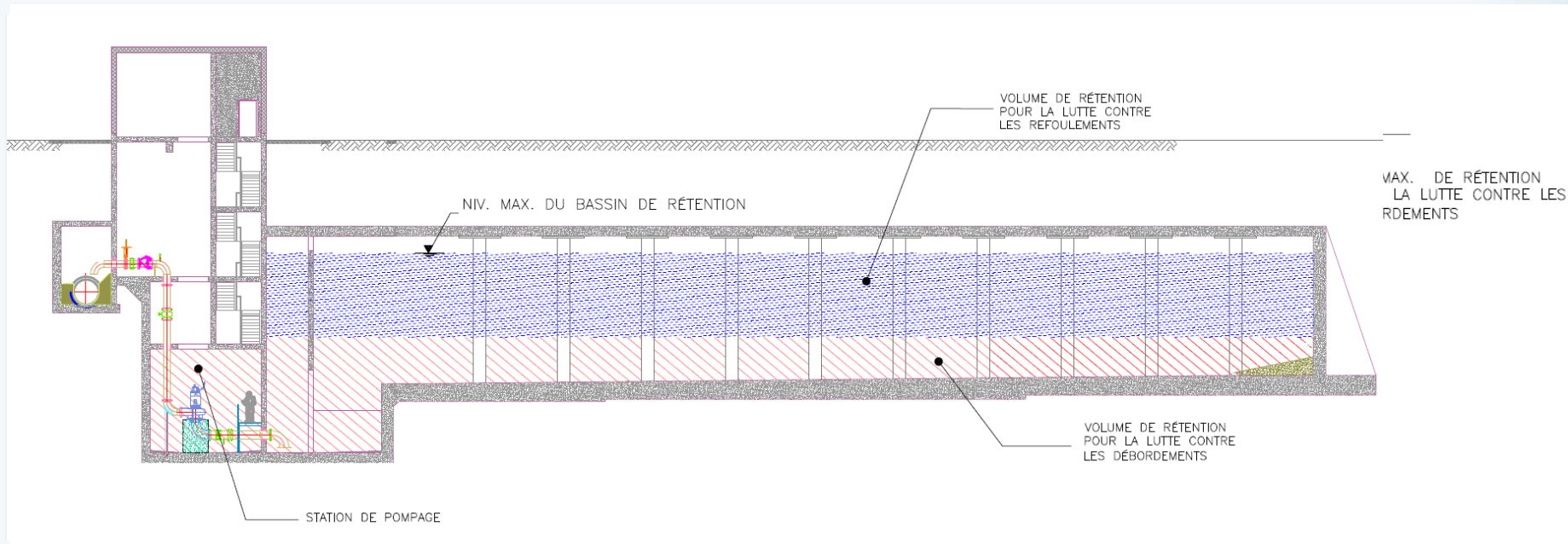
GESTION DES DÉBORDEMENTS ET PERSPECTIVES FUTURES

- CONSTRUCTION DE NOUVEAUX BASSINS DE RÉTENTION
- Localisation des bassins de rétention



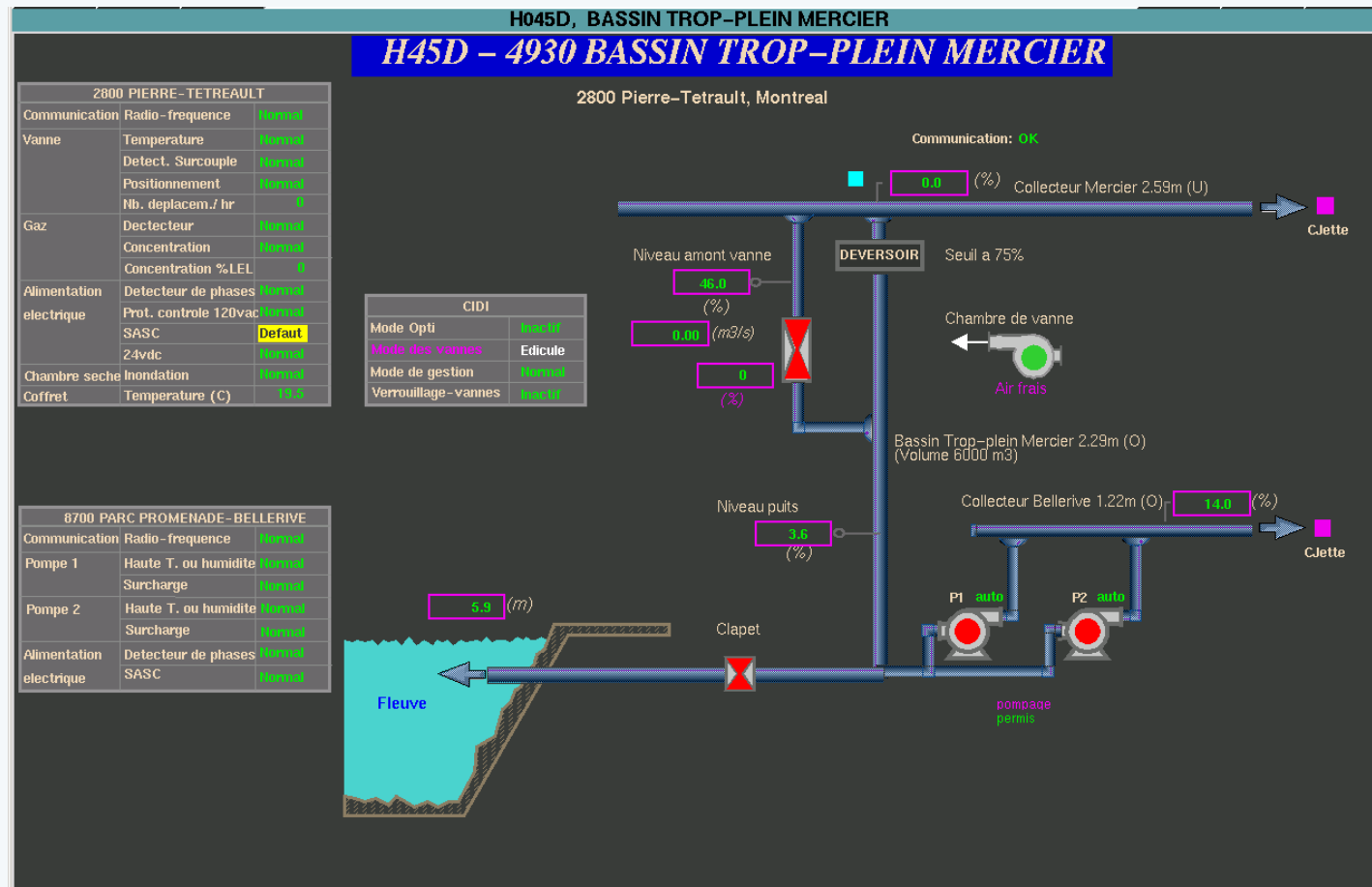
GESTION DES DÉBORDEMENTS ET PERSPECTIVES FUTURES

- **DOUBLE USAGE DES BASSINS DE RÉTENTION**
- Gestion dynamique du bassin de rétention



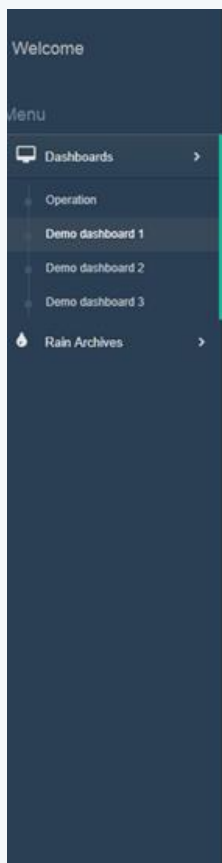
GESTION DES DÉBORDEMENTS ET PERSPECTIVES FUTURES

- INTÉGRATION DES NOUVEAUX BASSINS DE RÉTENTION AU SYSTÈME CIDI



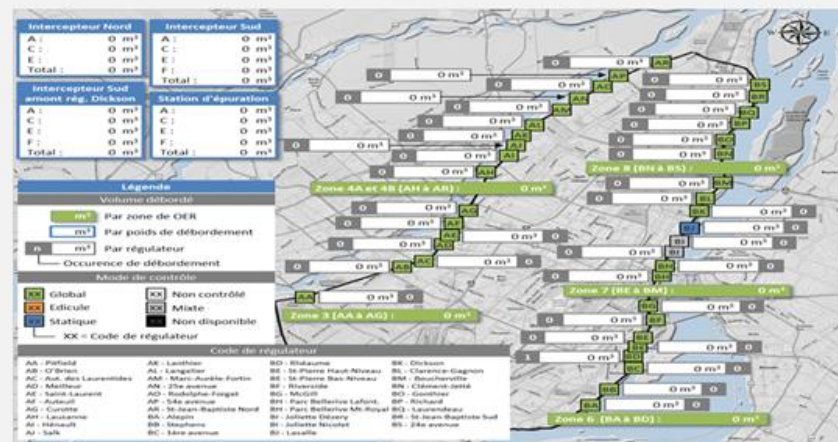
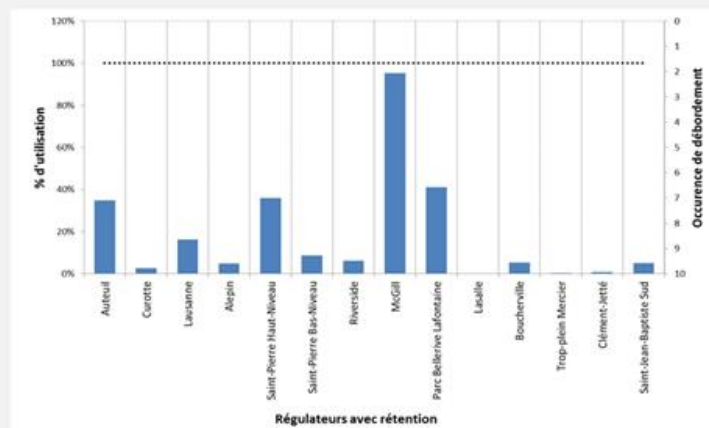
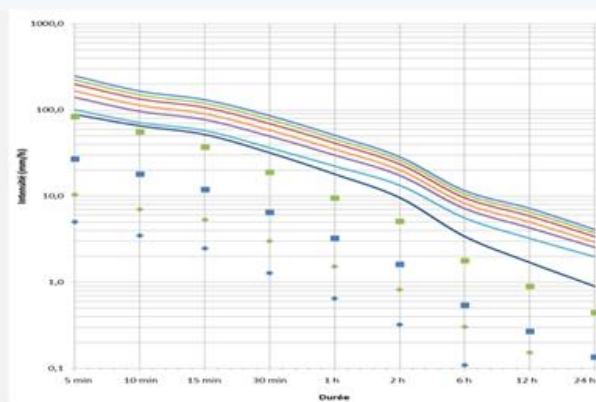
GESTION DES DÉBORDEMENTS ET PERSPECTIVES FUTURES

- AJOUT D'INDICATEURS DE PERFORMANCE (PLATEFORME HYDROWEB)



Évènement de pluie				Statistiques de pluie				Commentaire
Numéro	Début (date)	Fin (date)	Durée (h:m)	Moyenne sur tous les pluviomètres		Coefficient de variation		
				Hauteur cumulée moyenne (mm)	Intensité maximale moyenne (mm/h)	Hauteur cumulée (mm)	Intensité maximale (mm/h)	
2015-048	2015-08-03 03:05	2015-08-03 06:10	3:05	0,7	5,0	1,07	1,08	Hétérogène
2015-049	2015-08-04 21:40	2015-08-05 03:00	5:20	1,8	10,4	1,25	1,47	Hétérogène

Station de pompage - puits Sud			Station de pompage - puits Nord			Station de traitement	
Capacité atteinte (m³/s)	Capacité maximale (m³/s)	Niveau max. atteint (m)	Capacité atteinte (m³/s)	Capacité maximale (m³/s)	Niveau max. atteint (m)	Capacité atteinte (m³/s)	Capacité maximale (m³/s)
20,4	46,0	6,5	12,4	38,0	7,2	33,3	82,0



CONCLUSION

- **LA GESTION INTELLIGENTE ET DYNAMIQUE DES OUVRAGES DE RÉTENTION PERMET:**
- L'optimisation de l'interception des eaux usées et la diminution des débordements aux cours d'eau selon les objectifs de débordement (OD);
- L'utilisation des capacités de stockage dans des collecteurs;
- Une meilleure utilisation des capacités de stockage des bassins de rétention (double usage);
- Minimisation des coûts de construction des ouvrages de rétention.