

Comment les Hypothèses de Conception déterminent-elles le Dimensionnement d'une STEP?

33^{ème}
Symposium sur
les Eaux Usées

Ste Hyacinthe

27 Octobre 2010

Peter A. Vanrolleghem

Lluís Corominas, Dirk Muschalla, Xavi Flores-Alsina et Marc Neumann



Chaire de Recherche du Canada
en Modélisation de la Qualité de l'Eau



Exploration de « l'Espace de Conception »

Objectif:

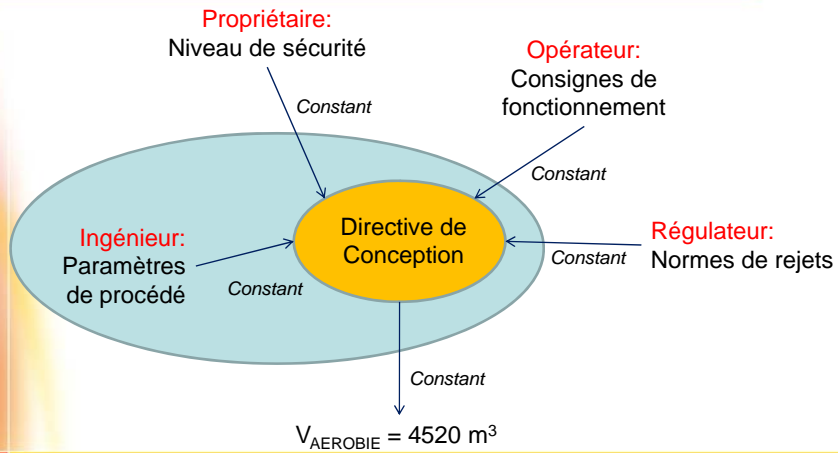
- Evaluer l'importance des décisions dans les phases préliminaires d'un projet de conception
- Améliorer la compréhension d'une directive de conception



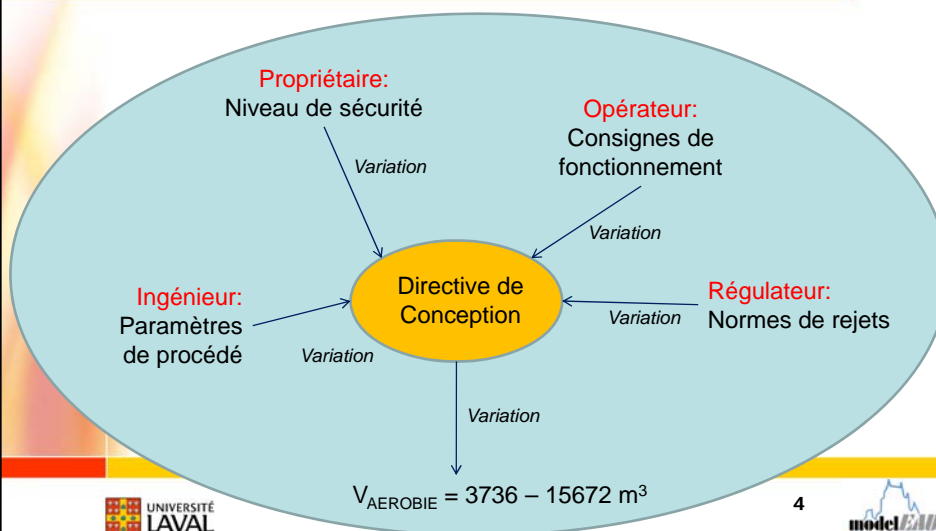
2



Procédure de conception actuelle



Procédure de conception proposée



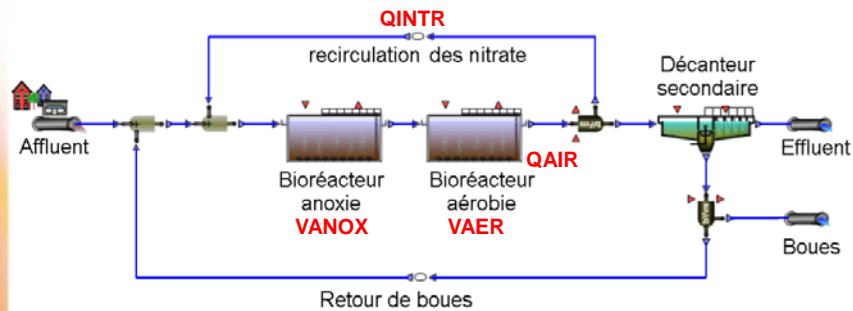
Méthodologie d'exploration de « l'Espace de Conception »

- Collecte des savoirs
sur la variabilité des entrées de la directive
- Simulation Monte Carlo
- Analyse de sensibilité globale
- Analyse de surface de réponse
- Analyse de scénario

Étude de cas

- Configuration MLE (nitrification – prédénitrification)
- Directive de conception « Metcalf & Eddy »
- 17 équations algébriques nonlinéaires/implicites
- Variables de conception:
 - Volume d'aérobie
 - Volume d'anoxie
 - Capacité d'aération
 - Débit de recirculation interne

Étude de cas



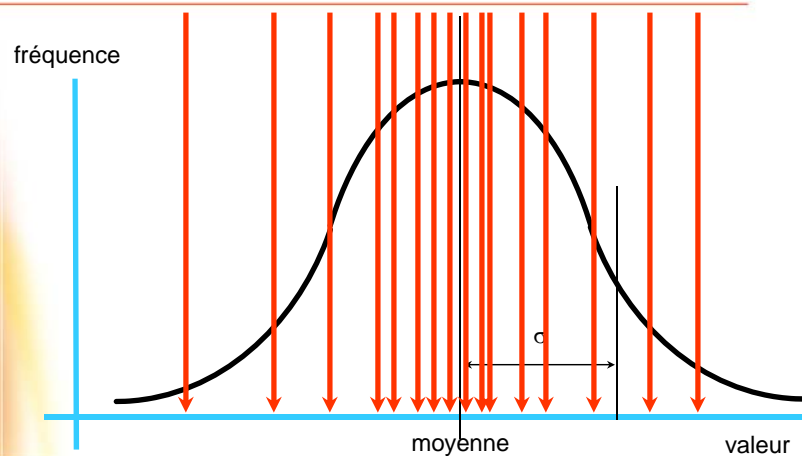
Collecte des savoirs sur la variabilité

	Symbole	Valeur inférieure	Valeur supérieure	Unités
<i>Fractions de l'affluent – Ingénieur de conception</i>				
DCO soluble inerte	f_{S_U}	0.05	0.14	-
DCO soluble biodégradable	f_{S_B}	0.08	0.24	-
DCO particulaire inerte	$f_{X_{U,inf}}$	0.06	0.18	-
Biomasse hétérotrophe	$f_{X_{OHO}}$	0.06	0.17	-
<i>Normes de rejets - Régulateur</i>				
Effluent ammonium	S_{NHX}	0.5	6	$gN \cdot m^{-3}$
Effluent nitrate	S_{NOX}	5	10	$gN \cdot m^{-3}$
<i>Facteurs de sécurité – Propriétaire</i>				
Section d'aérobie	SF_{AER}	1	1.5	-
Section d'anoxie	SF_{ANOX}	1	1.5	-
<i>Consignes de fonctionnement – Operateur</i>				
Oxygène dissous dans la zone aérobie	S_{O_2}	0.5	4	$(-gDCO) \cdot m^{-3}$

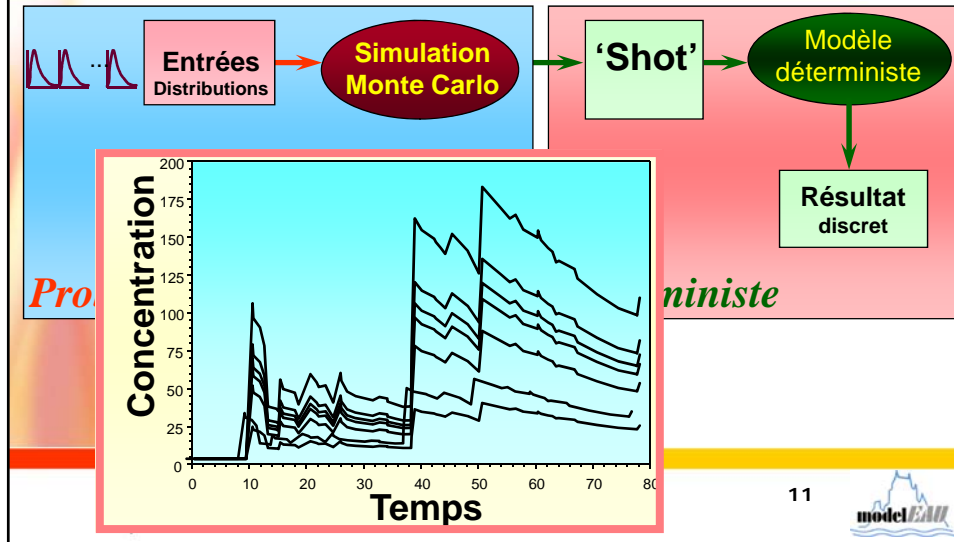
Méthodologie d'exploration de « l'Espace de Conception »

- Collecte des savoirs sur la variabilité des entrées de la directive
- Simulation Monte Carlo
- Analyse de sensibilité globale
- Analyse de surface de réponse
- Analyse de scénario

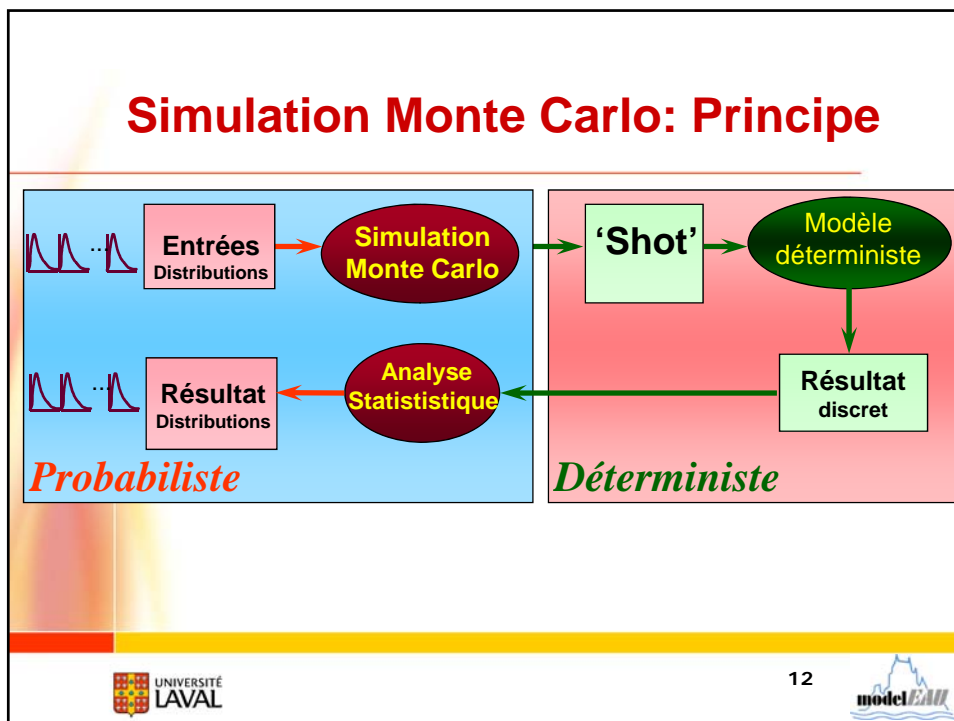
Simulation Monte Carlo: Principe



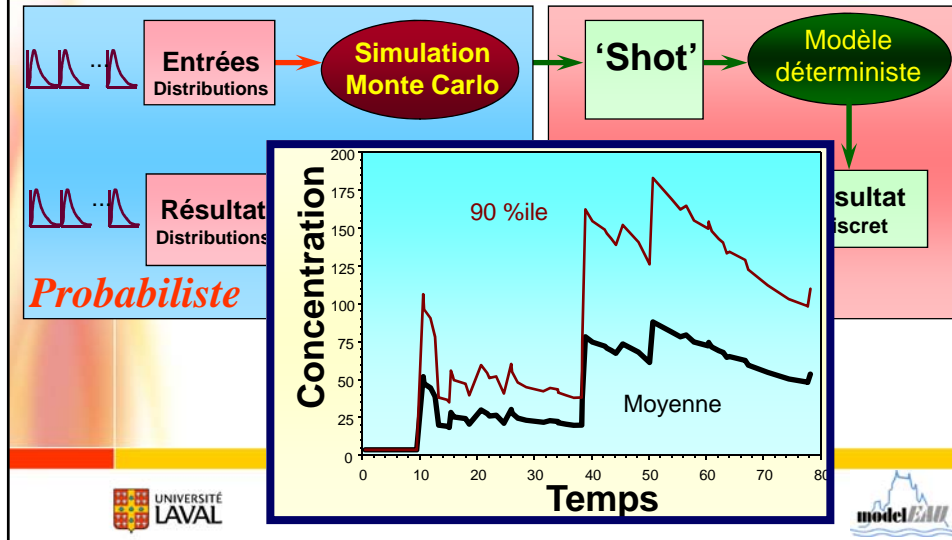
Simulation Monte Carlo: Principe



Simulation Monte Carlo: Principe



Simulation Monte Carlo: Principe



Simulation Monte Carlo: Approche

- Caractériser les plages des entrées
- Générer de (1000) jeux d'entrées (échantillonnage Monte Carlo)
- Faire la conception pour chaque jeu d'entrée (propagation de la variabilité)

Simulation Monte Carlo: Résultats

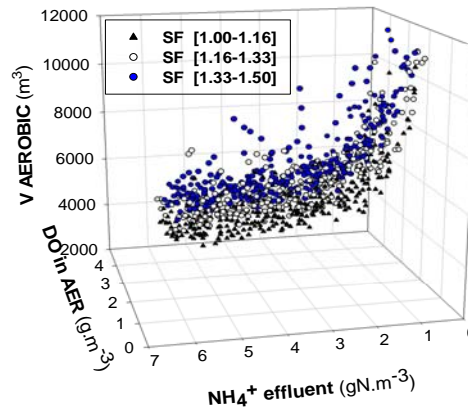
	V_{AER} (m^3)	V_{ANOX} (m^3)	Q_{AIR} (m^3min^{-1})	Q_{INTR} (m^3j^{-1})
Valeur moyenne	6230	3080	201	88400
Valeur maximale	15672	5137	262	14046
Valeur minimale	3736	1624	166	55628
Percentile 25% (Q1)	5040	2650	191	67800
Percentile 75% (Q3)	6930	3450	210	106500

Méthodologie d'exploration de « l'Espace de Conception »

- Collecte des savoirs sur la variabilité des entrées de la directive
- Simulation Monte Carlo
- Analyse de sensibilité globale
- Analyse de surface de réponse
- Analyse de scénario

Analyse de sensibilité globale

Approche:



Analyse de sensibilité globale

Approche:

1. Régression linéaire sur toutes les sorties de la simulation Monte Carlo
2. Pentés normalisées = « Standardised Regression Coefficients » (SRC)
3. SRC² = contribution à la variabilité des sorties

Analyse de sensibilité globale

Résultats:

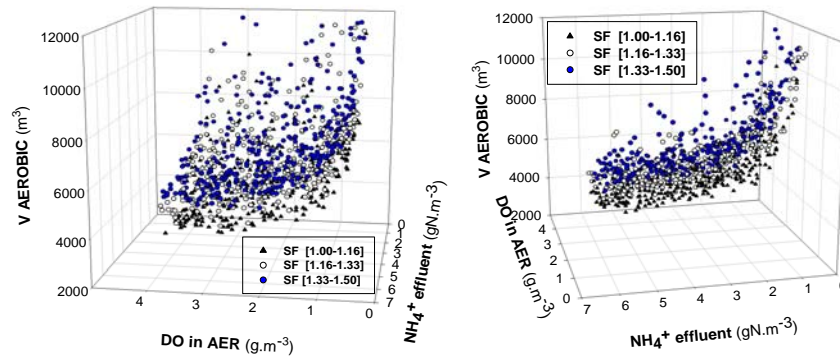
	V_{AER}	V_{ANOX}	Q_{AIR}	Q_{INTR}	
Ingénieur de conception	f_S _U	-0.03	0.18	-0.2	0.013
	f_S _B	-0.12	-0.37	-0.01	0
	f_X _{U.inf}	0.11	0.48	-0.27	0.003
	f_X _{OHO}	-0.03	0.01	-0.01	0.012
Régulateur	S _{NHX}	-0.54	-0.17	-0.18	-0.008
	S _{NOX}	0.04	-0.3	0.17	-0.984
Propriétaire	SF _{AER}	0.38	0.13	0.14	0.004
	SF _{ANOX}	-0.01	0.64	0	0.001
Opérateur	S _{O2}	-0.54	-0.17	0.85	0.008

Méthodologie d'exploration de « l'Espace de Conception »

- Collecte des savoirs sur la variabilité des entrées de la directive
- Simulation Monte Carlo
- Analyse de sensibilité globale
- Analyse de surface de réponse
- Analyse de scénario

Analyse de réponse de surface

Un modèle simplifié de la directive:

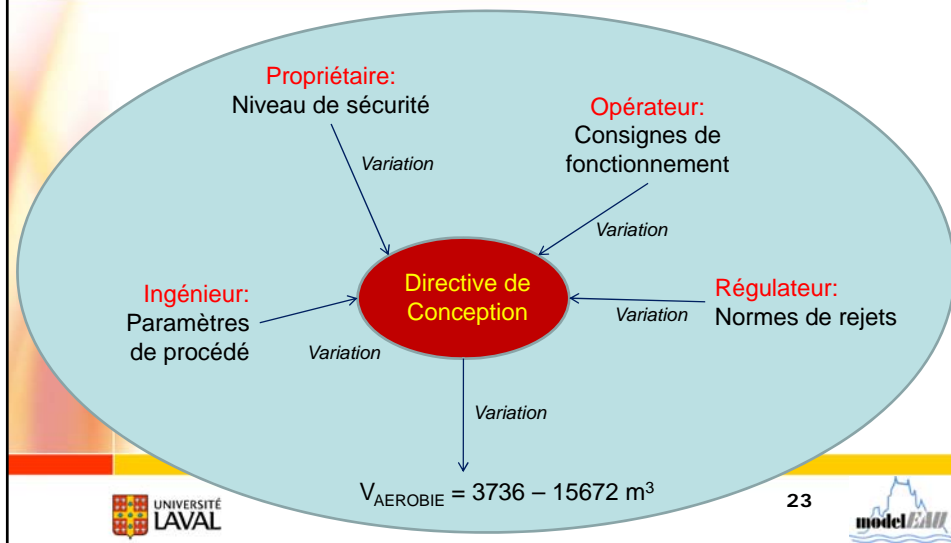


Analyse de scénario

Répétez l'exercice pour:

- ✓ Différentes conditions limites, par ex. la température
- ✓ Différentes gammes de
 - ✓ facteurs de sécurité,
 - ✓ normes de rejets, et
 - ✓ préférences de fonctionnement

Procédure de conception proposée



Exploration de « l'Espace de Conception »

Peut se faire en appliquant:

- Simulation MC
- Analyse de sensibilité globale
- Analyse de surface de réponse
- Analyse de scénario

Et ça permet:

- Conception participative-exploratoire-itérative
- Evaluation d'une directive de conception

Remerciements

- Chaire de Recherche du Canada en Modélisation de la Qualité de l'Eau
- Subvention d'occasions spéciales de recherche CRSNG
- Groupe de travail de l'IWA (Int. Water Assoc.) sur la Conception et le Fonctionnement sous Incertitude
- Bourse postdoctorale du gouvernement de la Catalogne
- Marie-Ève Boucher, Université Laval



International
Water Association



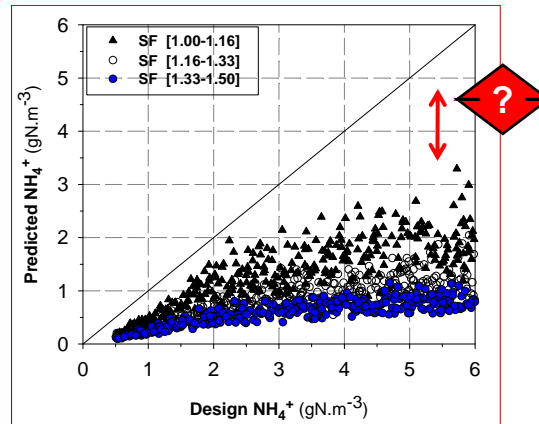
Groupe de travail de l'IWA sur la Conception et le Fonctionnement sous Incertitude

Objectifs:

- Pour résumer le travail qui a déjà été réalisé sur l'évaluation de l'incertitude et pour identifier des manques concernant les méthodes et le savoir
- La première phase d'un projet en plusieurs étapes qui va développer un protocole reconnu par l'ensemble des industriels incorporant l'évaluation de l'incertitude dans la conception et l'optimisation des usines avec les modèles

Groupe de travail de l'IWA sur la Conception et le Fonctionnement sous Incertitude

Résultats:
Évaluation de la capacité de réserve d'une directive



Groupe de travail de l'IWA sur la Conception et le Fonctionnement sous Incertitude

Résultats:
Évaluation de la capacité de réserve d'une directive

