

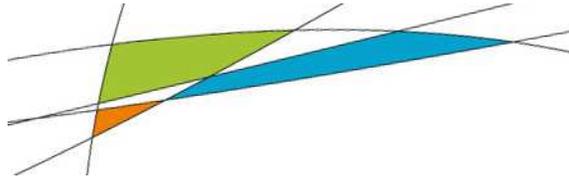


Développement logiciel pour la régulation des canaux et rivières aménagées

Hydraulique et qualité de l'eau

David Dorchies (CEMAGREF)

Séminaire Algéqueau - 2 décembre 2010 - Montpellier



SIC en quelques mots

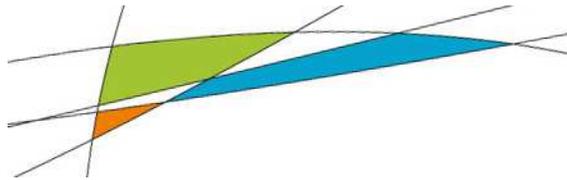
« *Simulation des Canaux d'irrigation* »

- Modélisation hydraulique des écoulements mono-dimensionnels
- Testé depuis > 20 ans sur de nombreux périmètres irrigués et fleuves
- Applications en conception, aide au diagnostic, aide à la gestion, test d'algorithmes de régulation
- Une évolution permanente du logiciel



Développement permanent du logiciel

- Talweg, Fluvia, Sirene
- RBMC en 1987-89
- SIC en 1990
- Version 1 à 5 :
 - Transport solide
 - Modules de régulation
 - Vannes hydromécaniques
 - Module qualité



Liste des utilisateurs

■ Gestionnaires de réseaux :

[Comisión Nacional del Agua](#) (Mexique), [Irrigation Authority](#) (Ile Maurice), [Jordan Valley Authority](#) (Jordanie), [Mahaweli Authority](#) (Sri Lanka), [SAED](#) (Sénégal), [Service de Navigation de la Seine](#), CACG, SCP, BRL, [DDAF Loire](#), Canal de Gignac (France)

■ Bureaux d'étude :

SCP, [BCEOM](#)-EGIS, [BRLi](#), [Sogreah](#), [SpiInfra](#), CACG, Elément (France), etc

■ Centre de recherche :

[Cemagref](#) (France), [Centre for Excellence in Water Resources Engineering](#) (Pakistan), [Hydraulic Research Wallingford](#) (Angleterre), [IHE Delft](#) (Pays Bas), [IHE Delft & Ministry of Public Works](#) (Indonésie), [Institute for Land and Water Management](#) (Louvain, Belgique), [Instituto Mexicano de Tecnología del Agua](#) (Mexique), [Institut de Recherche pour le Développement](#) (IRD, France, Brésil), [Institut National de Recherche Agronomique](#) (France), [International Water Management Institute](#) (Sri Lanka, Pakistan, Burkina Faso), etc

■ Universités, écoles d'ingénieurs :

[Colegio de Montecillo](#) (Mexique), [Colorado Institute for Irrigation Management](#) - Fort Collins (USA), Universités de Berkeley, Washington, [ENI Tarbes](#), [Ensam](#), [Enseeiht](#), [Engref](#) (France), [Universités de Cagliari](#) (Italie), [Evora](#) (Portugal), Barcelone, [Valladolid](#) (Espagne), Castilla la Mancha, Séville, [Melbourne](#) (Australie), [Metz](#) (France), etc



Pourquoi utiliser un logiciel ?

Des formules de l'hydraulique à l'utilisation de logiciels...

- ◆ **Résolution rapide des équations de l'hydraulique**
 - ◆ Détermination précise des lignes d'eau et des débits distribués
- ◆ **Problèmes réels souvent complexes**
 - ◆ Topologie du réseau
 - ◆ Géométrie des chenaux (sections non rectangulaires)
 - ◆ Succession d'ouvrages et chenaux variés
 - ◆ Effets transitoires
- ◆ **Résultats exploités facilement au-delà de la simple hydraulique**
 - ◆ Détermination et représentation de zones inondables
 - ◆ Calculs d'indices de distribution de l'eau (réseaux)
 - ◆ Transport de polluants, transport solide, algues, etc.

Diagnostic de fonctionnement

Conception - réhabilitation

- calibrer des sections d'écoulement
- choix et dimensionnement des ouvrages de régulation (seuils, vannes, prises latérales)

Aide à la gestion

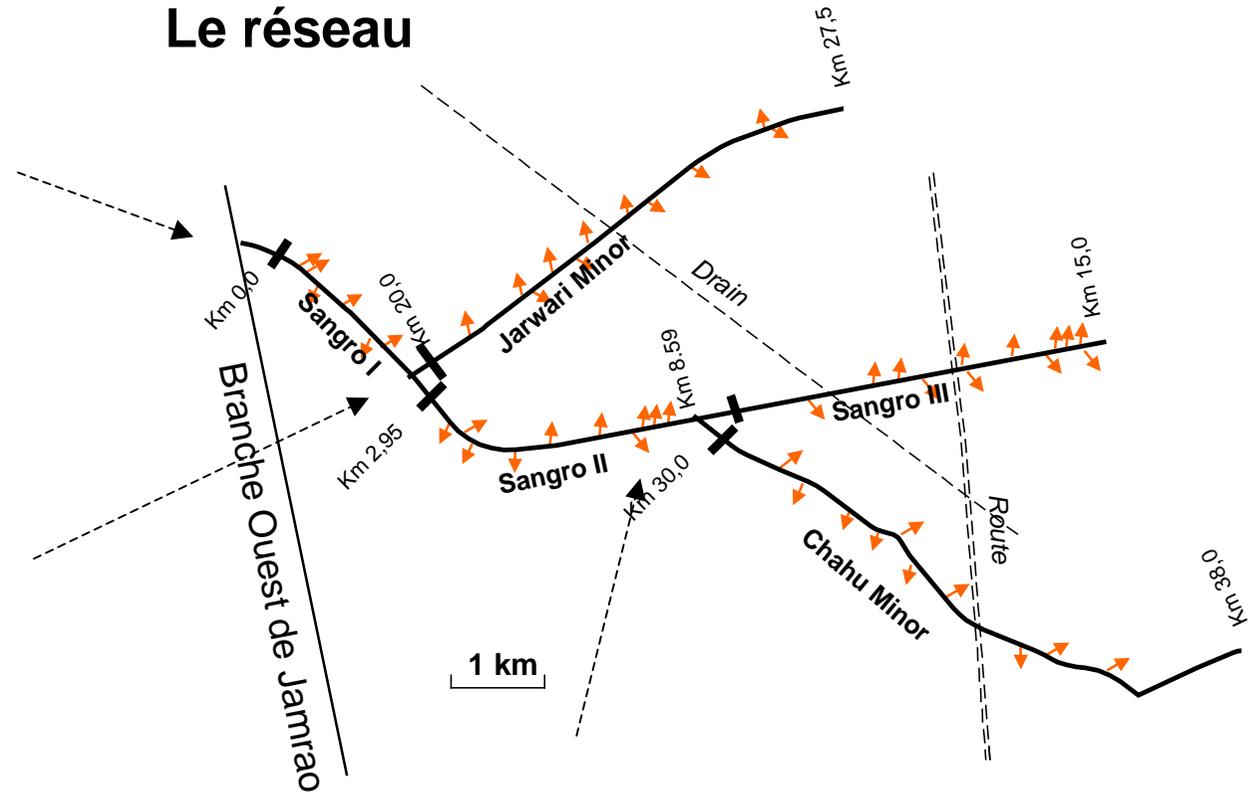
- gestion des ouvrages de régulation
- test algorithmes de régulation automatique
- gestion de la qualité de l'eau



Exemple 1: diagnostic d'un canal d'irrigation



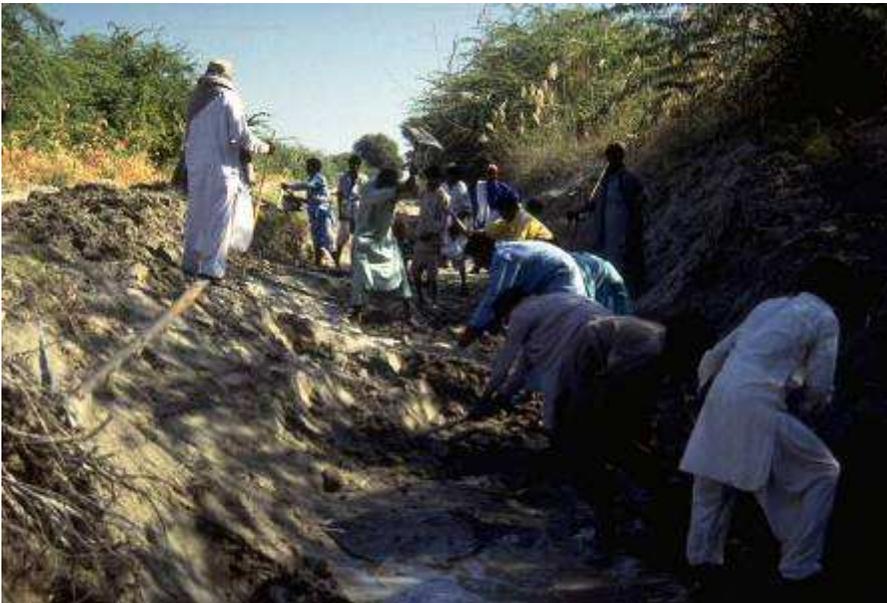
Le réseau



Exemple 1: diagnostic d'un canal d'irrigation

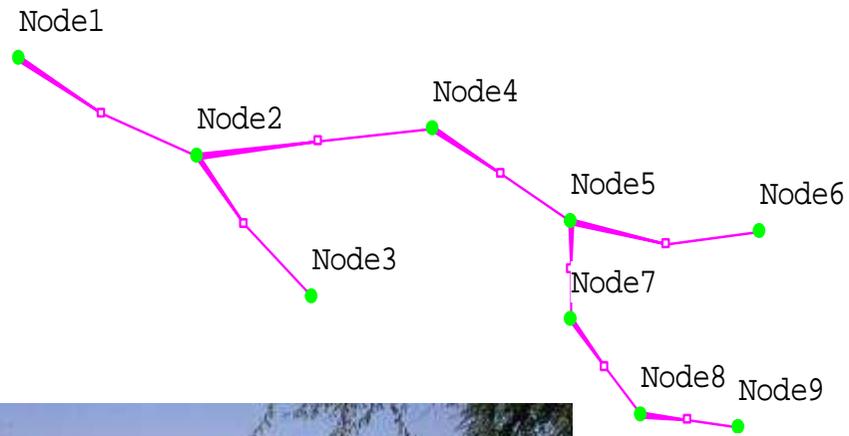
Les problématiques

- Pb 1: évaluer l'impact de restrictions de débit en tête. Comment les gérer?
- Pb 2: au km 12, construction d'un nouveau secteur avec 120 l/s. Quel débit supplémentaire en tête faut-il fournir?
- Pb 3: Peut-on améliorer la gestion des dépôts solides?



Exemple 1: diagnostic d'un canal d'irrigation

Le modèle



Relevé topo



Relevé z pour calage



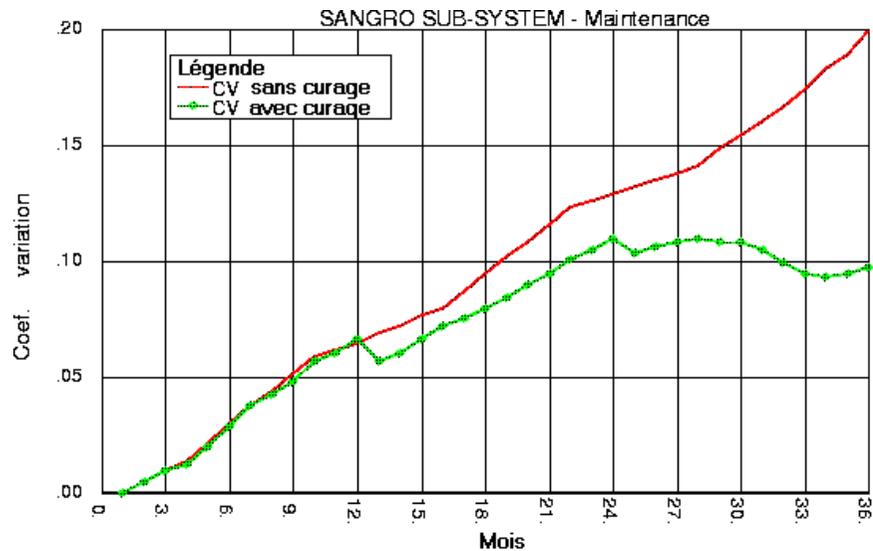
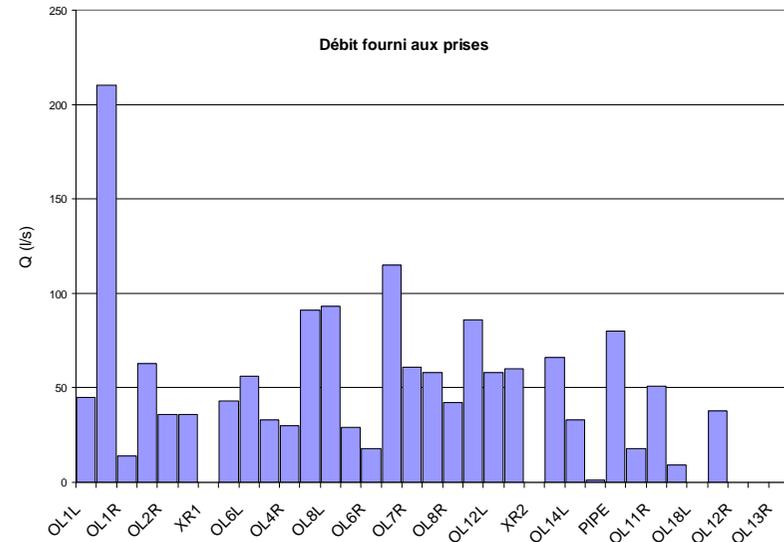
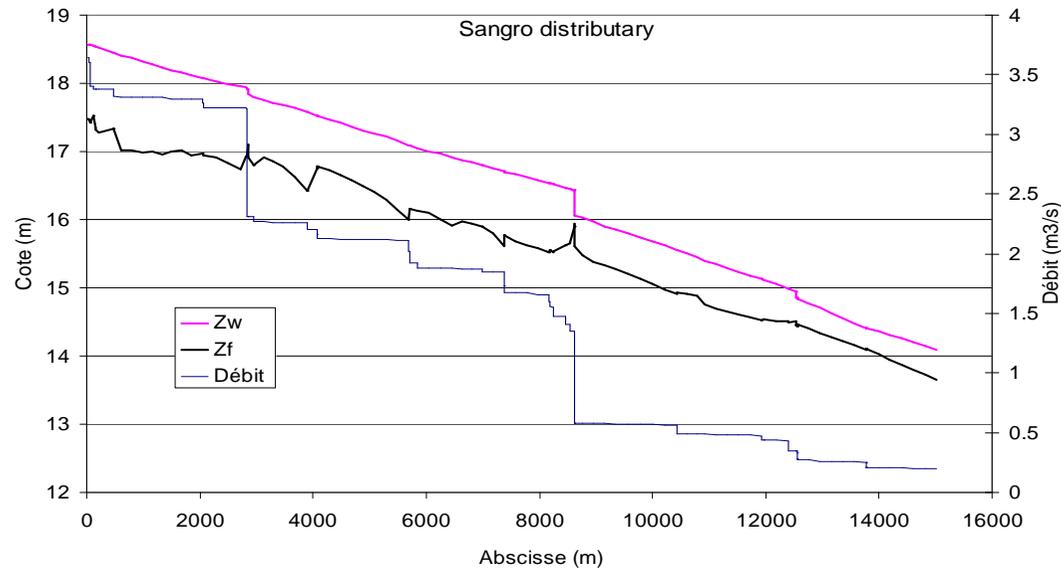
Mesure Q dans le canal



Mesure Q prélevé

Exemple 1: diagnostic d'un canal d'irrigation

Résultats de modélisation



10



Caractéristiques des Prises

Aide

Masquer Page précédente Imprimer Options

Sommaire | Index

- ambule
- de l'utilisateur
- Introduction
- Utilisation d'EdiSic
 - Présentation générale d'EdiSic
 - Le mode géométrie
 - Le mode hydraulique
 - L'explorateur de projet
 - Définition des coefficients de Manning
 - Définition des débits latéraux (infiltration)
 - Condition limite amont de réseau
 - Condition limite aval du réseau
 - Description des prises
 - Description des structures en travers
- Unité 1 : Topologie - Géométrie
- Unité 2 : Régime permanent
- Unité 3 : Régime transitoire
- Module de régulation
- Module de sédimentation
- Module qualité
- Conseils d'utilisation de SIC
- Principales procédures du logiciel SIC
- Structure des fichiers de données
- Annexes
- Messages d'erreurs
- de Théorie

A partir de SIC 5.20, les nœuds intermédiaires peuvent avoir plusieurs prises.

Caractéristiques d'une prise

Chaque prise a les caractéristiques suivantes :

- Une condition limite aval de type débit imposé, cote fixée, $Q(z)$ ou Q^a
- Éventuellement un premier niveau de structure avec un ou plusieurs ouvrages dont un pourra être régulé afin d'obtenir un débit objectif.
- Éventuellement un deuxième niveau de structure à l'aval du premier contenant un ou plusieurs ouvrages fixes.

Canal principal

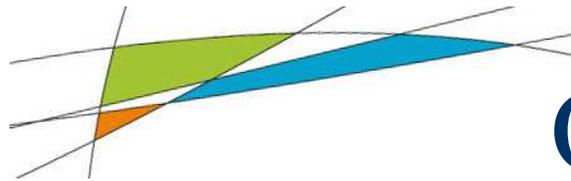
Structure niveau 1
ex : vanne

Structure niveau 2
ex : seuil

Condition limite aval
ex : $Q(z)$, $Q(t)$...

Régulation d'une prise par un débit objectif

En mode permanent et transitoire, il est possible de faire calculer l'ouverture d'une vanne ou la hauteur du radier d'un seuil situé sur le premier niveau de structure pendant la simulation afin d'obtenir un débit défini (appelé « débit objectif ») à la prise.



Ouvrages en travers



Vannes à glissières (commande manuelle, automate...)



Seuils

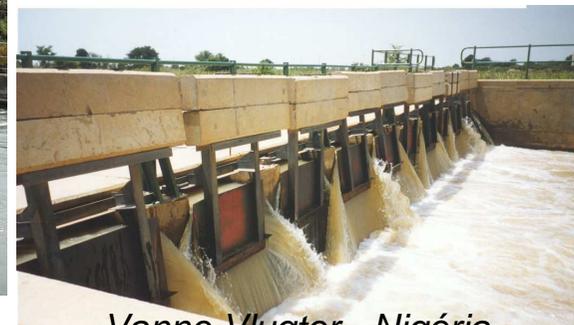


AVIS

vannes autorégulées



AMIL

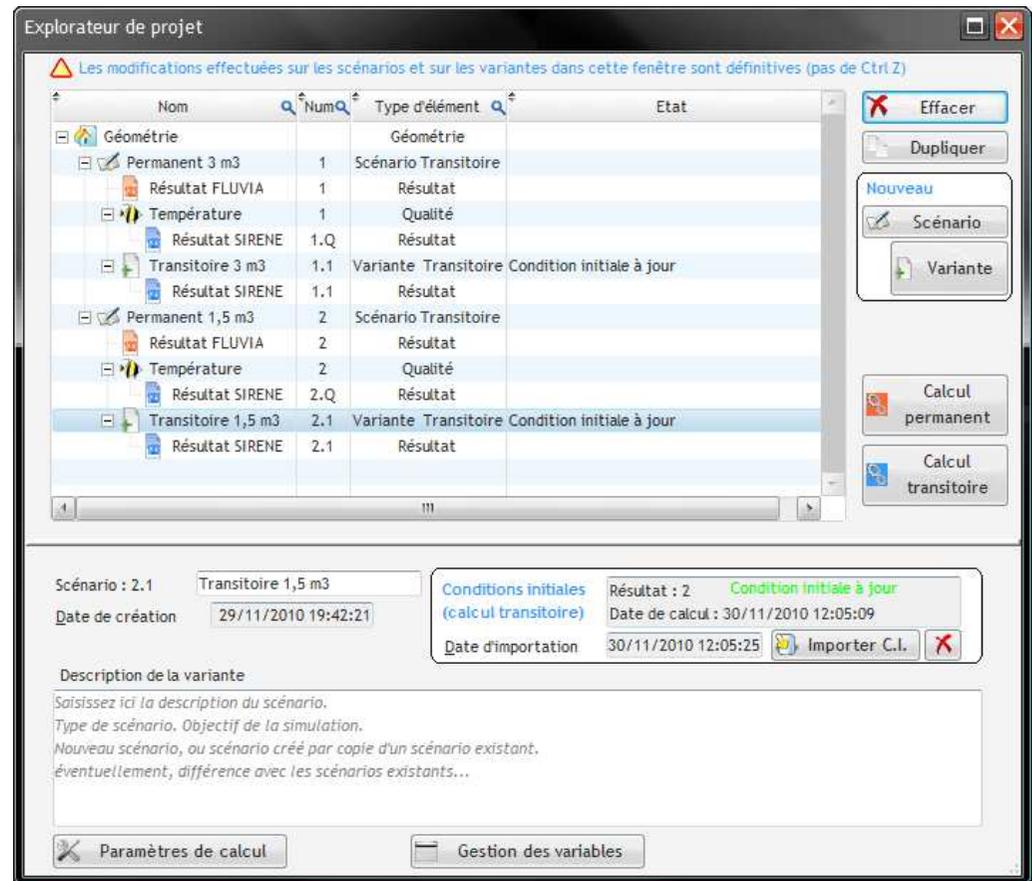


Vanne Vlugter - Nigéria
Contrôle de h amont



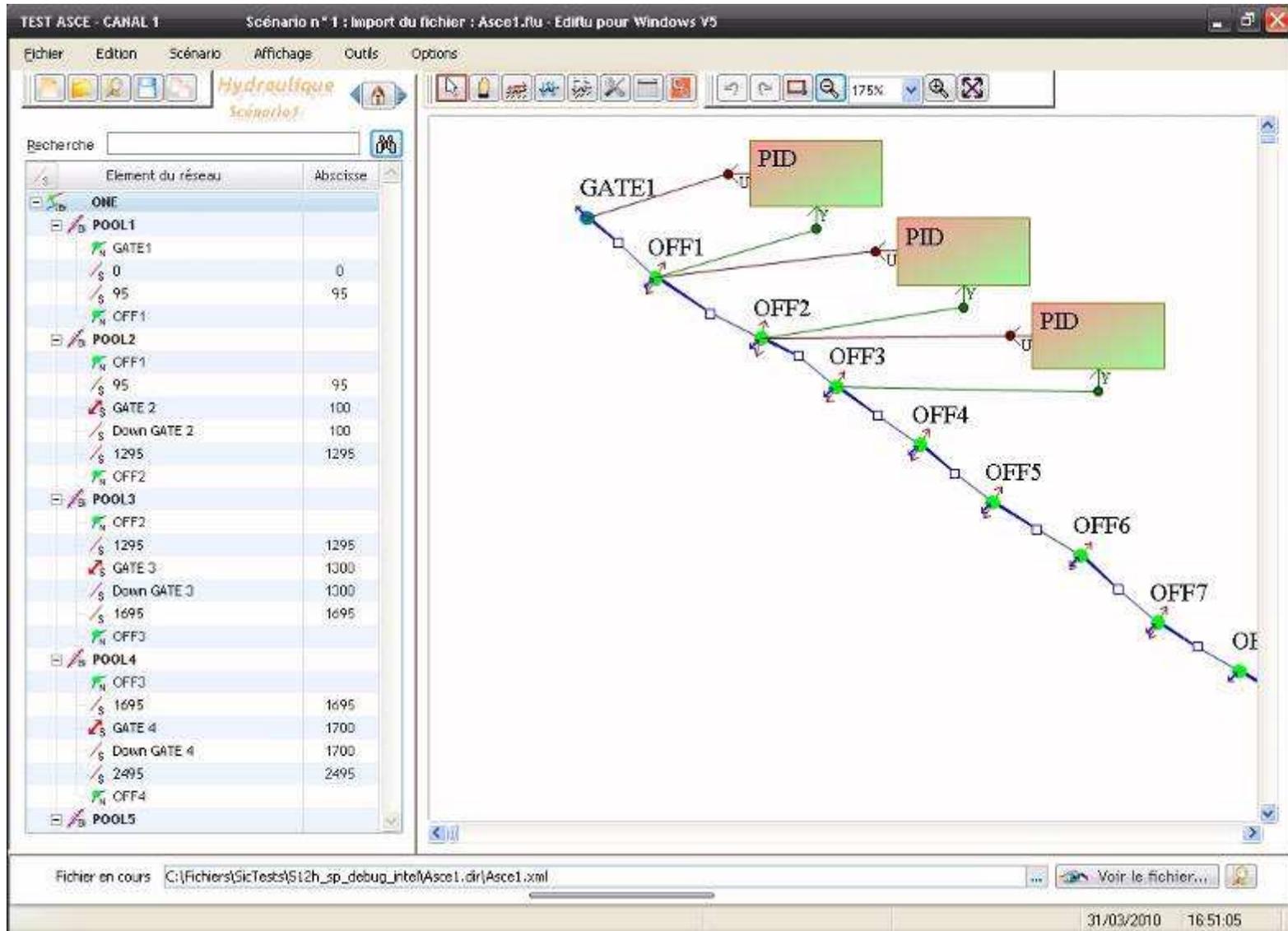
Fichier de projet au format XML

- 1 Réseau (Géométrie)
- Des scénarii hydrauliques
 - Des variantes de gestion
 - Un module ALGEQUEAU
- Des modules de régulation





Modules de régulation





Modules de régulation

Edireg - Edition des modules de régulation

Fichiers Aide

Nom du module de régulation:

Liste des régulateurs:

N° C	Type	Visible
1	PID	<input checked="" type="checkbox"/>
2	STEPS	<input checked="" type="checkbox"/>
3	STOP	<input checked="" type="checkbox"/>
	WDLANG	
	USER1	
	USER2	

Variable de contrôle U | Variable contrôlée Y | Variable mesurée Z | Paramètres spécifiques

N° U	Mode	Variable	Localisation	PU : DUMin	DUMax	Umin	Umax	DT (s)	Contrôleur local	Méthode de calcul
1	Relatif	Débit	Nd : GATE1 --> I0	0	0	0	0	0	Aucun	0 - inver:

Annuler Appliquer Ok



Modules de régulation

Compilation dynamique

Nombre de U : 5,00
Nombre de Y : 5,00
Nombre de Z : 5,00
Nombre de paramètres : 0,00
Temps (hh:mm:ss) : 00:15:00
Pas de temps de calcul (s) : 300,00
Pas de temps de régulation (s) : 300,00

U	Y	YT	Z	PARA
0,066601196	-0,003796577	0,000000000	0,024609989	2,000000000
0,020469718	0,001457214	0,012500000	0,076213837	1,000000000
-0,000301308	0,000065804	0,000000000	0,005850673	1,000000000
-0,000180214	0,000059128	0,000000000	0,000461578	1,000000000
0,000012190	-0,000006676	0,000000000	-0,000066161	1,000000000
				0,000796577
				0,011042786
				-0,000065804
				-0,000059128
				0,000006676

Prochaine pause (en nb pas de temps) : 1 soit en Temps (hh:mm:ss) : 00:05:00
Affichage : Visible

Entrez votre code :

```
FIN
//Trace("Y : " + Y[1] + " " + Y[2] + " " + Y[3] + " " + Y[4] + " " + Y[5])
//se = se + Ki.*(e_old+e)
//deriv_e = Kd1.*deriv_e+Kd2.*(e-a_old)
//u = Kp.*e+se+deriv_e
POUR i = 1 A ny
    se[i] = se[i] + Ki[i] * (e_old[i] + e[i])
    deriv_e[i] = Kd1[i] * deriv_e[i] + Kd2[i] * (e[i] - e_old[i])
    u[i] = Kp[i] * e[i] + se[i] + deriv_e[i]
FIN
//Sauvegarde de l'ancien écart
POUR i = 1 A ny
    e_old[i] = e[i]
FIN
//Sauvegarde des valeurs à conserver
```

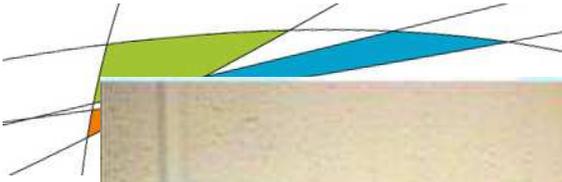
Messages du compilateur :
Compilation réussie

Charger
Sauvegarder
Compiler
Executer
Ok



Lien SCADA (exemple sur Gignac)





CIAStop

Fichier Processus

ID	Date	Nom	IP	Send	Receive	Time (s)
0	09/03/2005 08:52:17	StatClient	local	25157	3245124	25166
1	09/03/2005 08:52:17	HBSchedulerClient	local	11647	11647	25166
2	09/03/2005 08:52:17	RTSchedulerClient	local	112132	114980	25164
3	09/03/2005 08:52:19	CiaStopClient	161.1.1.1	27954	3247945	25168
4	09/03/2005 08:52:26	HistoSaver.Archives_gignac	161.1.1.1	2799	99719	25154
5	09/03/2005 08:52:33	Redondance1	161.1.1.1	2796	2819	25147
6	09/03/2005 08:52:56	calendrier	161.1.1.1	2793	2817	25128
7	09/03/2005 08:52:58	RedStart	161.1.1.1			
8	09/03/2005 08:52:58	Digesteur	161.1.1.1			
9	09/03/2005 08:52:59	Calcul	161.1.1.1			
10	09/03/2005 08:53:01	FRONTAL	161.1.1.1			
11	09/03/2005 08:53:34	RedStart	161.1.1.3			
12	09/03/2005 08:53:39	DDE_SV	161.1.1.3			
13	09/03/2005 08:53:48	RedStart	161.1.1.6			
14	09/03/2005 08:53:51	DDE_SV	161.1.1.6			
15	09/03/2005 08:55:51	RedStart	161.1.1.2			
16	09/03/2005 09:11:03	Grapheur	161.1.1.6			
18	09/03/2005 12:18:16	Grapheur	161.1.1.3			
17	09/03/2005 15:42:46	Alarme	161.1.1.6			

Etat redondance

Etat Frontal1 : **ACTIF**

Etat Frontal2 : ?

Fermer

Calendrier

Fichier Planification ?

Libellé	Fréquence	Déclenchement	Commande
Création base archive	Une fois par an	29/10/2004 00:30:00	C:\Outils_DSA\NewArchiveW...
Belbezet2	Une fois par jour	09/03/2005 19:00:00	Appel réseau de stations
Purge historique	Une fois par jour	10/03/2005 00:00:00	Calcul
Appel SDFREL	Une fois par jour	10/03/2005 07:00:00	Appel réseau de stations
Calcul	Une fois par jour	10/03/2005 07:30:00	Calcul

Double clic pour consulter ou bouton droit de la souris pour les autres fonctionnalités 09/03/2005 15:51

Frontal - liste des stations

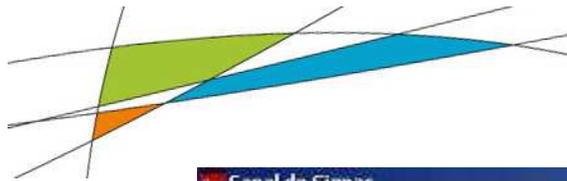
Tag	Libellé	Connexion	Trames	Erreurs	RawState
1	Belbezet	Non connecté	798	0	0
20	Ceyras	Non connecté	0	0	0
21	Pont Lussac	Non connecté	16	0	0
3	Avencq	Non connecté	2189	1	0
4	Lagarelle	Non connecté	1710	12	0
10	Repeteur	Non connecté	1583	0	0
11	Aurelle	Non connecté	1691	1	0
5	Mas de Ro...	Non connecté	1793	1	0
13	Gignac	Non connecté	1809	130	0
14	Mobile	Non connecté	1581	4	0
12	St Jean	Non connecté	18	18	0
2	Partiteur	Connectée	9765	16	263

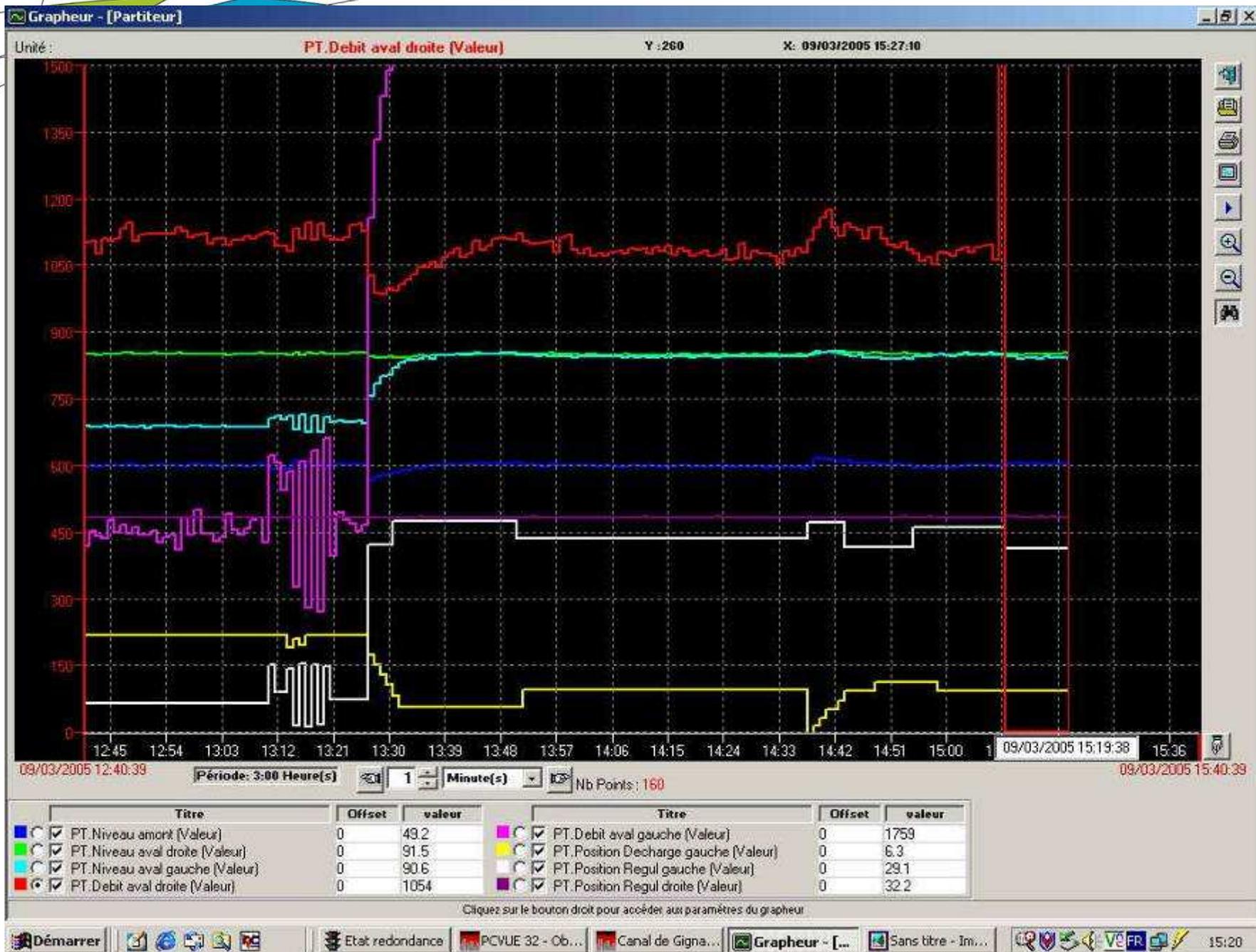
```

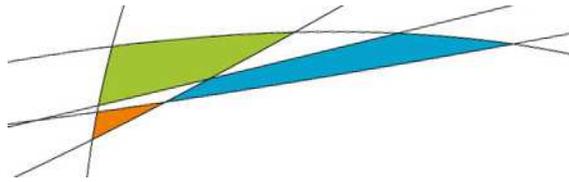
Station=Partiteur Type=Ecriture Adr=187 Nbr =1 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Lecture Adr=187 Nbr =1 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Ecriture Adr=2030 Nbr =1 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Lecture Adr=8840 Nbr =105 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Lecture Adr=1200 Nbr =40 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Lecture Adr=2000 Nbr =50 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Lecture Adr=100 Nbr =120 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Lecture Adr=2000 Nbr =15 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Lecture Adr=2030 Nbr =15 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Lecture Adr=2000 Nbr =15 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Lecture Adr=2030 Nbr =15 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Ecriture Adr=2030 Nbr =1 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Lecture Adr=8840 Nbr =110 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Ecriture Adr=2031 Nbr =2 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Lecture Adr=1200 Nbr =40 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Lecture Adr=2000 Nbr =50 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Lecture Adr=100 Nbr =120 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Lecture Adr=2000 Nbr =15 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Lecture Adr=1200 Nbr =40 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Lecture Adr=2000 Nbr =50 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Lecture Adr=100 Nbr =120 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Lecture Adr=2000 Nbr =15 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Lecture Adr=1200 Nbr =40 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Lecture Adr=2000 Nbr =50 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Lecture Adr=100 Nbr =120 Requite Ok
Station=Partiteur Type=Lecture Adr=2000 Nbr =15 Requite Ok
  
```

DémarrageFr...

Démarrer | gignac | DemarrageFr... | CIAStop | Calendrier | Etat redond... | 15:51





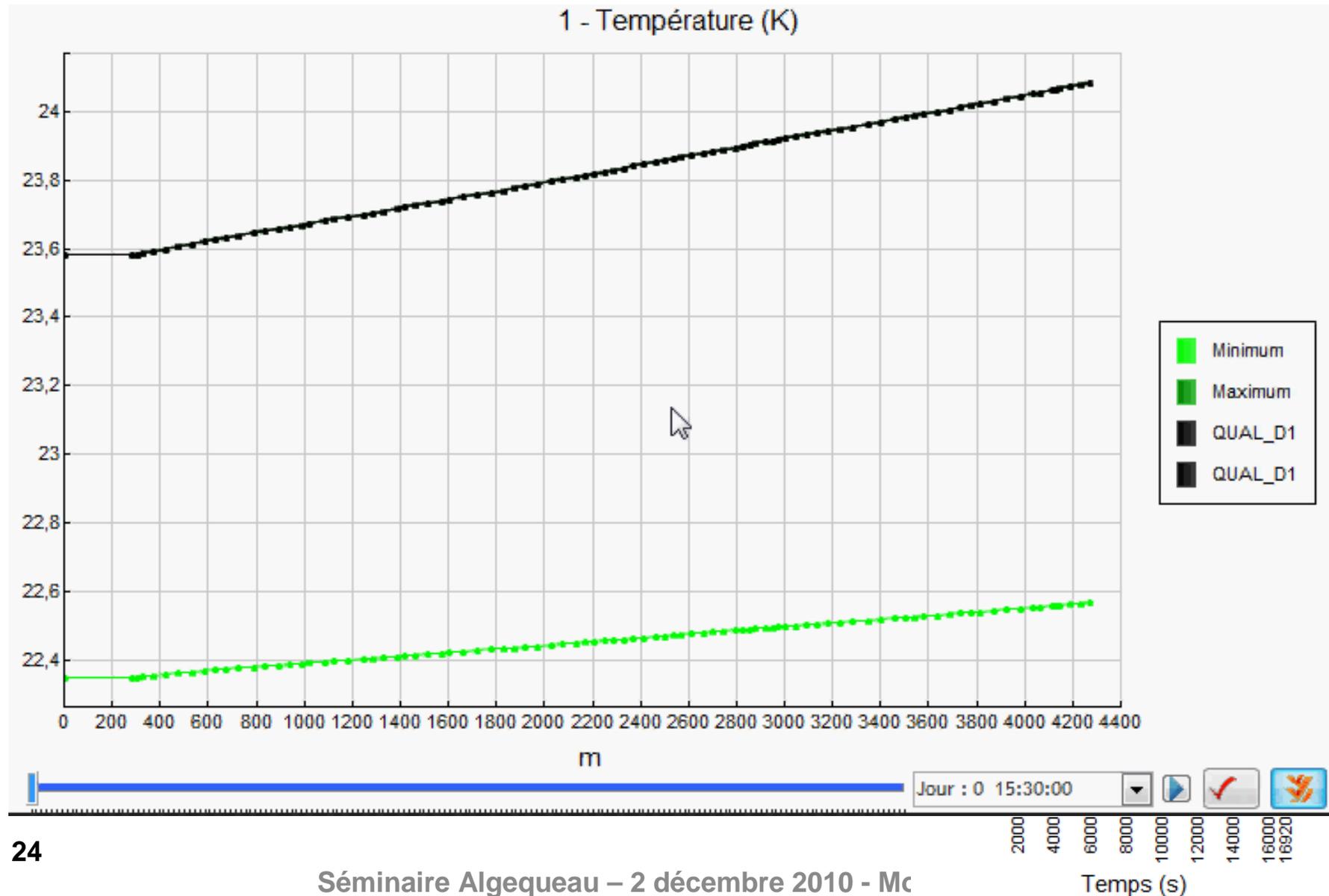


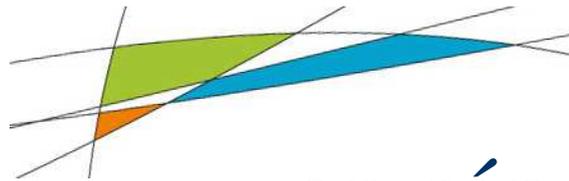
Module « qualité »

- Simulation du transport de concentrations à travers un réseau en permanent et transitoire
- Calcul à partir des données hydrauliques d'une simulation en permanent ou en transitoire
- 4 types de classes de qualité :
 - Température
 - Nutriment (azote, phosphore...)
 - Algue dérivante
 - Algue fixée
- Lois d'échange entre les classes de qualité



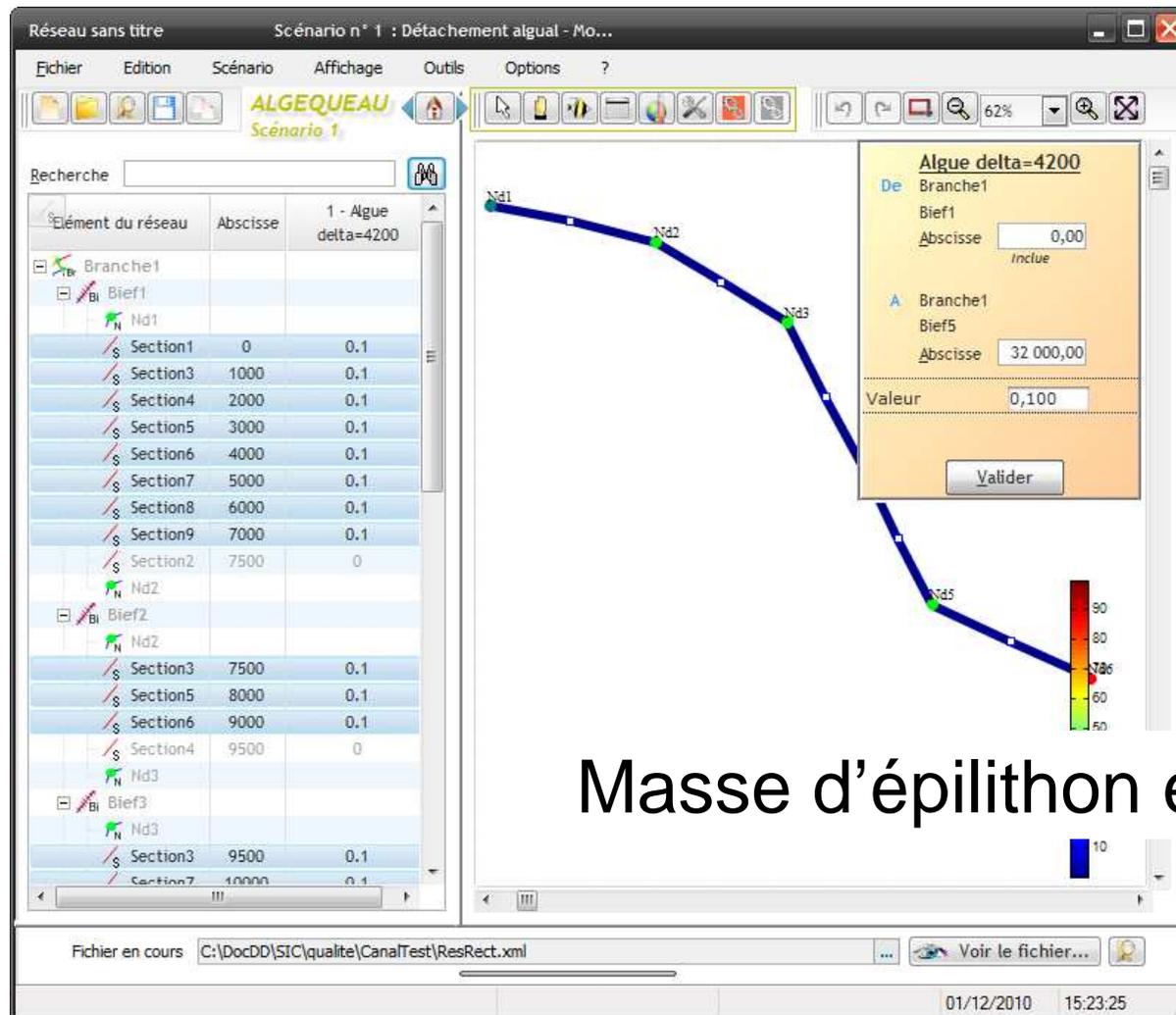
Simuler la température

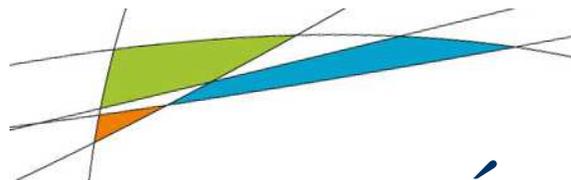




Détachement algal en réponse à une chasse hydraulique

- Données nécessaires :





Détachement algal en réponse à une chasse hydraulique

■ Données nécessaires :

Paramètres de la loi de détachement

Module de qualité : définition des lois d'évolution

1 - Algue delta=4200 (dérivant) (kg/m3)

Ordre	Description	Loi d'évolution
1	Détachement	[202] Détachement algal en réponse à une chas

Ajouter une loi
Supprimer une loi

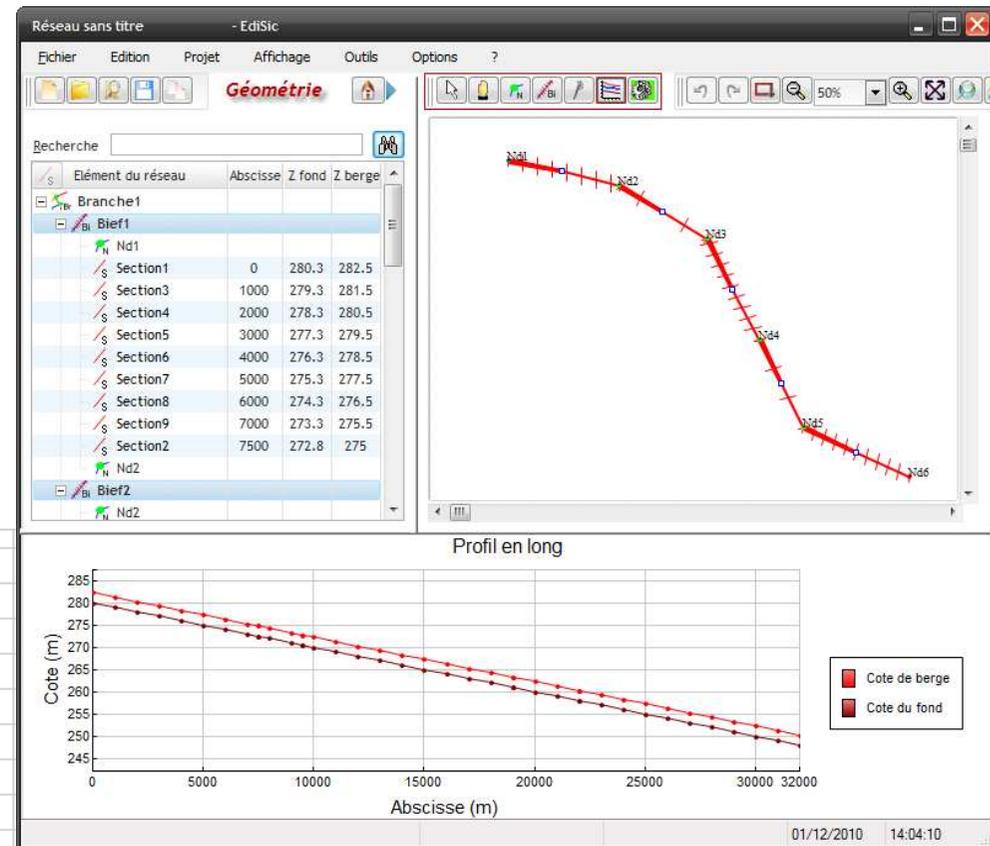
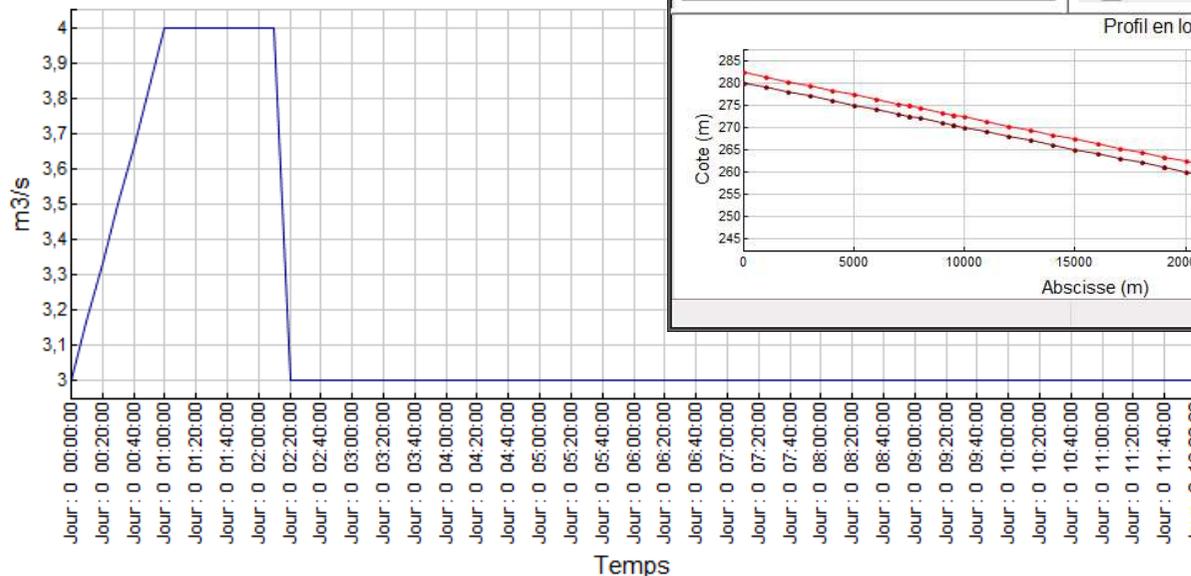
Type de donnée	Description	Valeur
Classe actante	Algue fixée (épilithon)	1 - Algue delta=4200 (fixé) (kg/m)
Paramètre	Seuil de sensibilité : SB	0
Paramètre	Constante de temps : delta (s)	4200
Paramètre	Exposant adimensionnel : éta	1.5

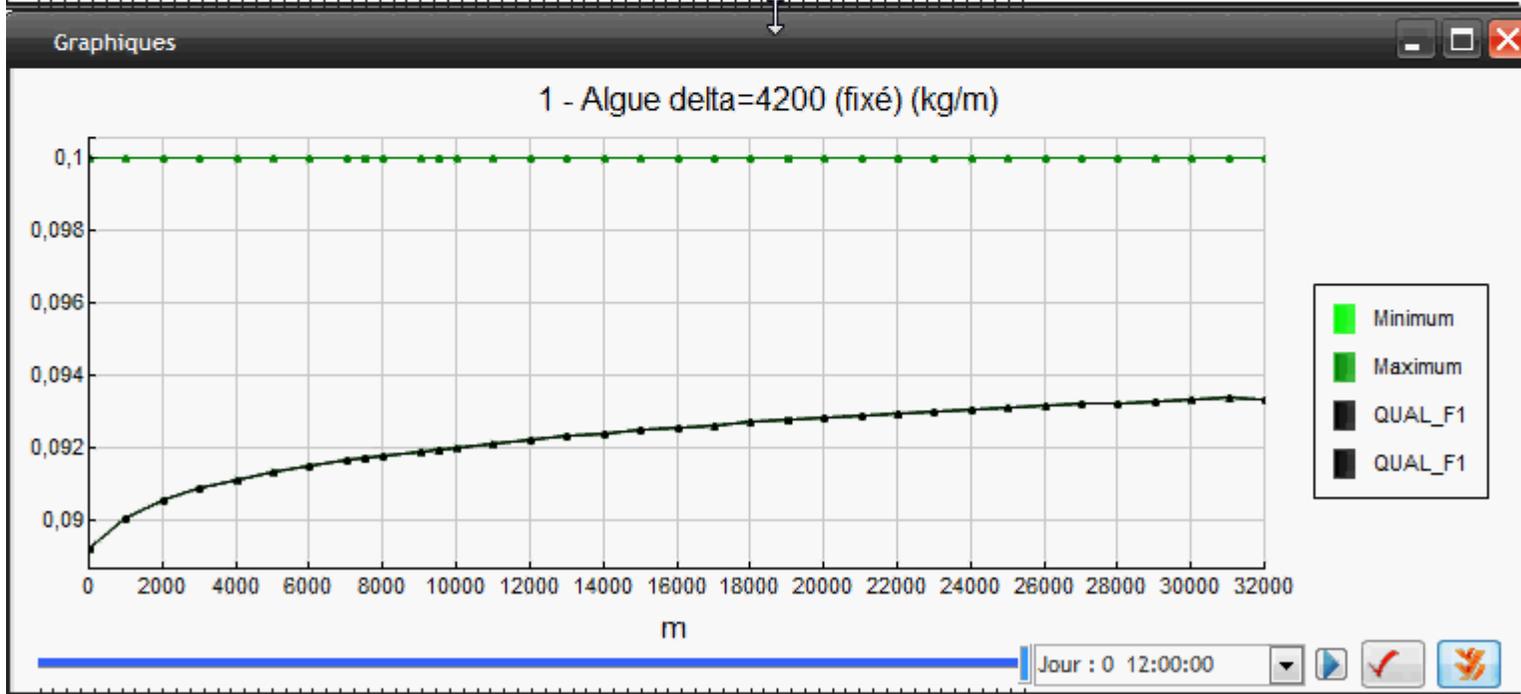
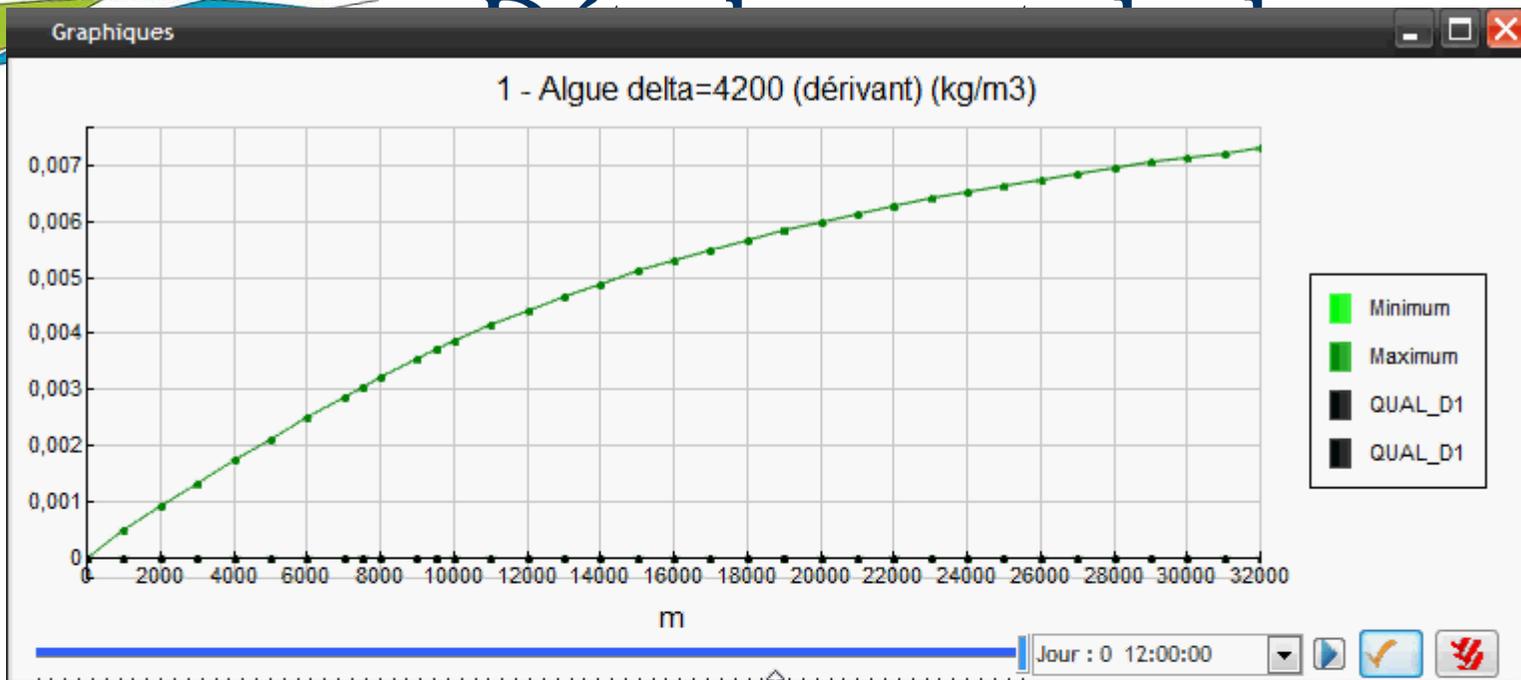
Ok



Détachement algal en réponse à une chasse hydraulique

- Canal 32 km
- Masse initiale d'épilithon homogène: 0,1 kg/ml
- Débit initial : 3 m³/s
- Débit max : 4 m³/s





ue