

Exemple d'application des STIC pour la télégestion des procédés d'épuration: le projet européen TELEMAC



O.Bernard

COMORE

INRIA Sophia

COMORE

Contrôle et Modélisation des Ressources Renouvelables

INRIA-Sophia
CNRS-Villefranche

Dirigée par Jean-Luc Gouzé



COMORE : Objectifs

Appliquer et développer des méthodes de l'automatique aux ressources vivantes exploitées, afin d'en améliorer la gestion.



Cultures biologiques
Ephyta et plancton
Elevage de poissons



TELEMonitoring and Advanced teleControl of high yield wastewater treatment plants

TELEMAC

O.Bernard
INRIA Sophia

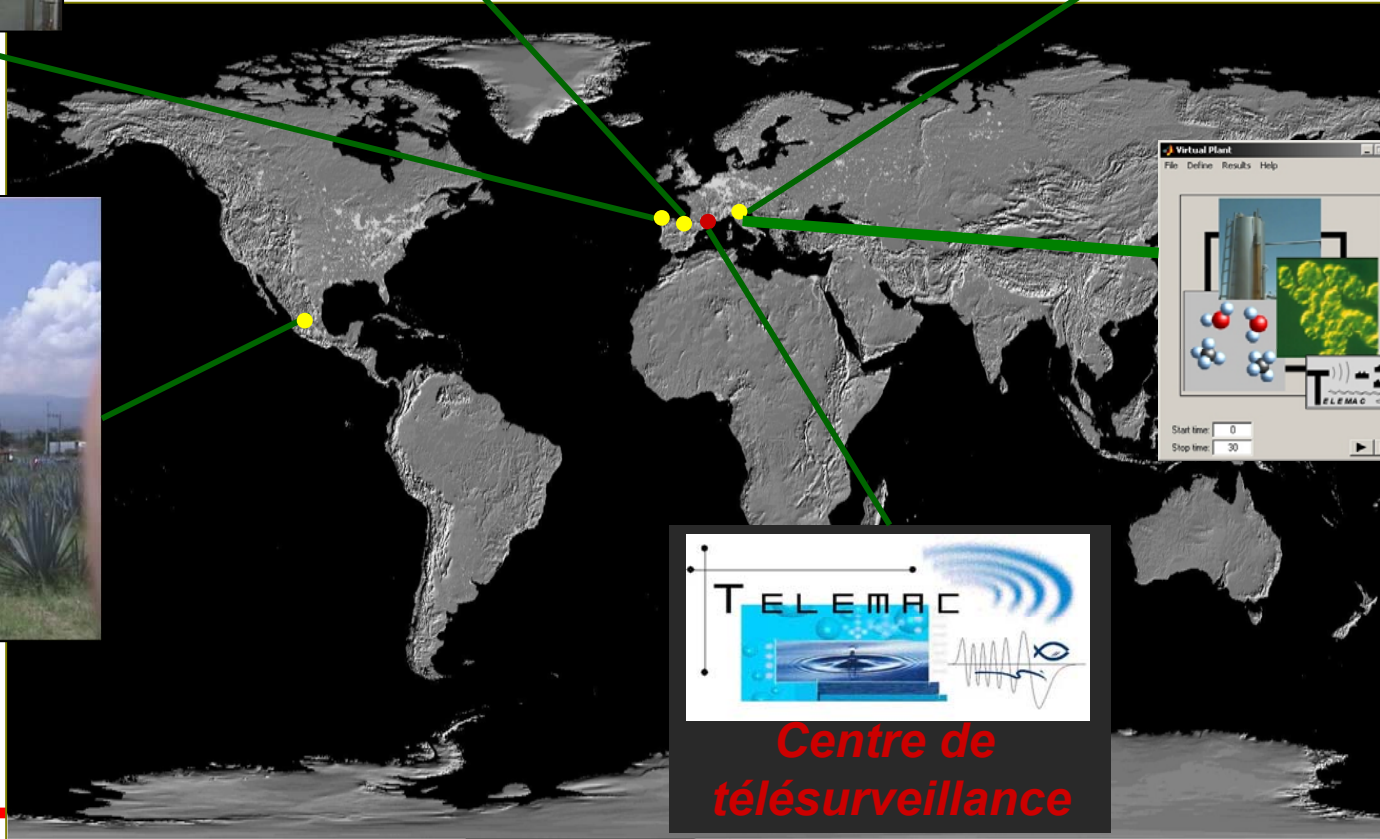
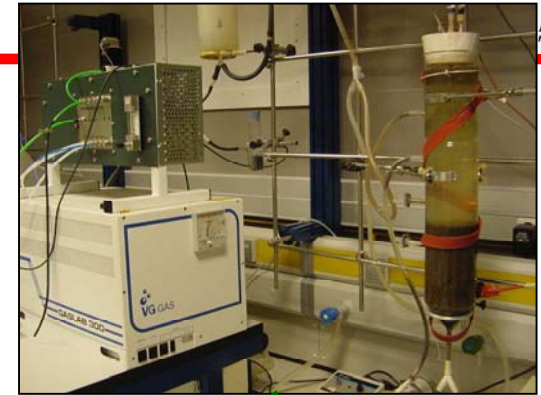
Présentation générale

- TELEMAC est un projet IST
- 15 partenaires et 7 pays
- Durée: 3 ans
- Budget total : 4.6 Millions € (Financé par 1 UE : 2.1 M€)
- Coordination : O.Bernard et B. le Dantec

- Le projet TELEMAC propose un système **modulaire** et **fiable** assurant le **suivi et le contrôle à distance** d 'unités de dépollution sans **expertise locale**



TELEMAT : présentation générale



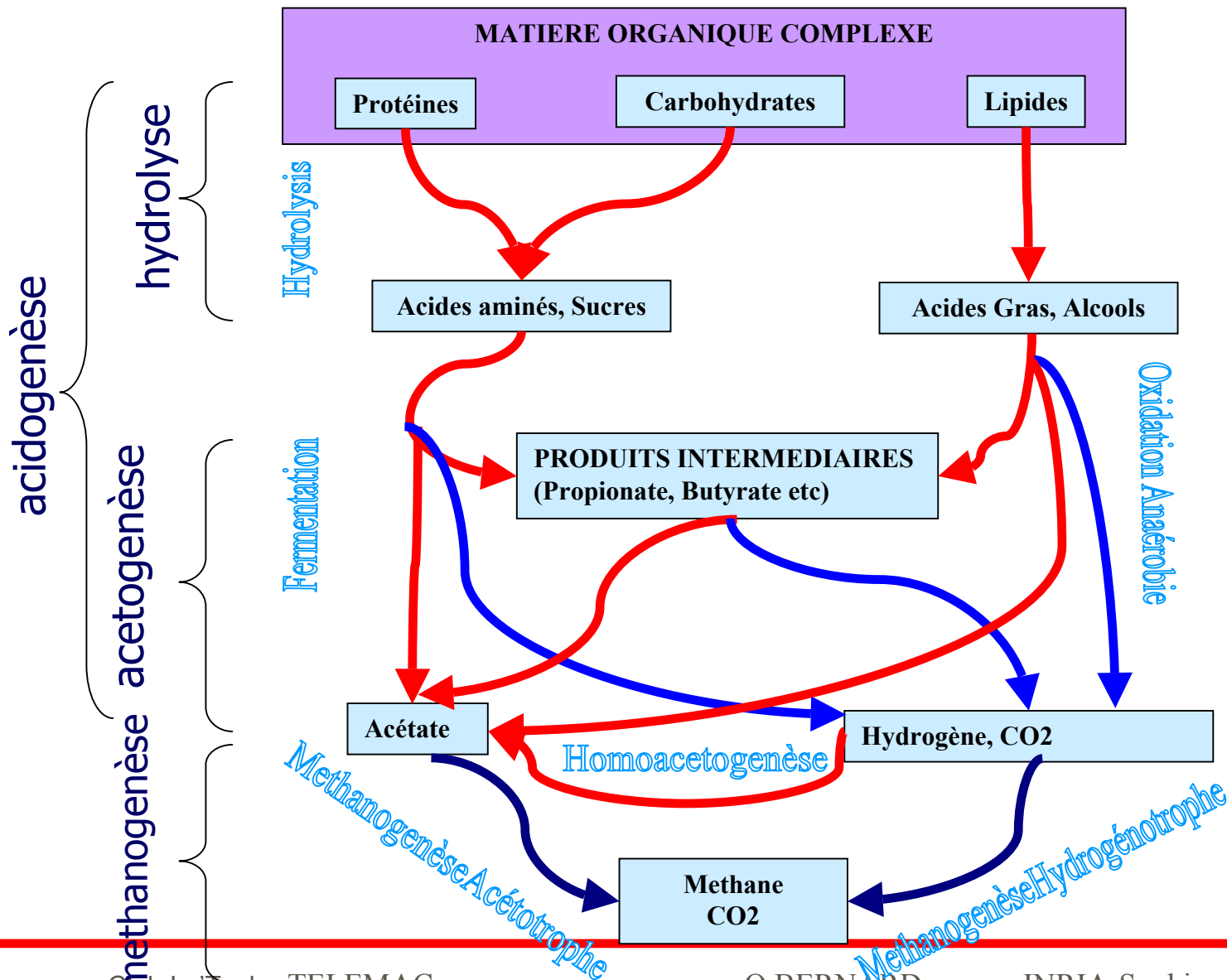
Centre de télésurveillance

Objectifs généraux

- Proposer un ensemble d'outils adaptables et modulaires afin de:
 - améliorer la **qualité** de la dépollution
 - améliorer la **fiabilité**
 - réduire le **coût de traitement**
 - mieux valoriser les **produits dérivés**
- Téléporter l'expertise

La fermentation anaérobie ?

- Un procédé de traitement qui produit aussi de l'énergie...
mais...



- 2 étapes principales

Acidogenèse:



rapide

Methanogenèse:



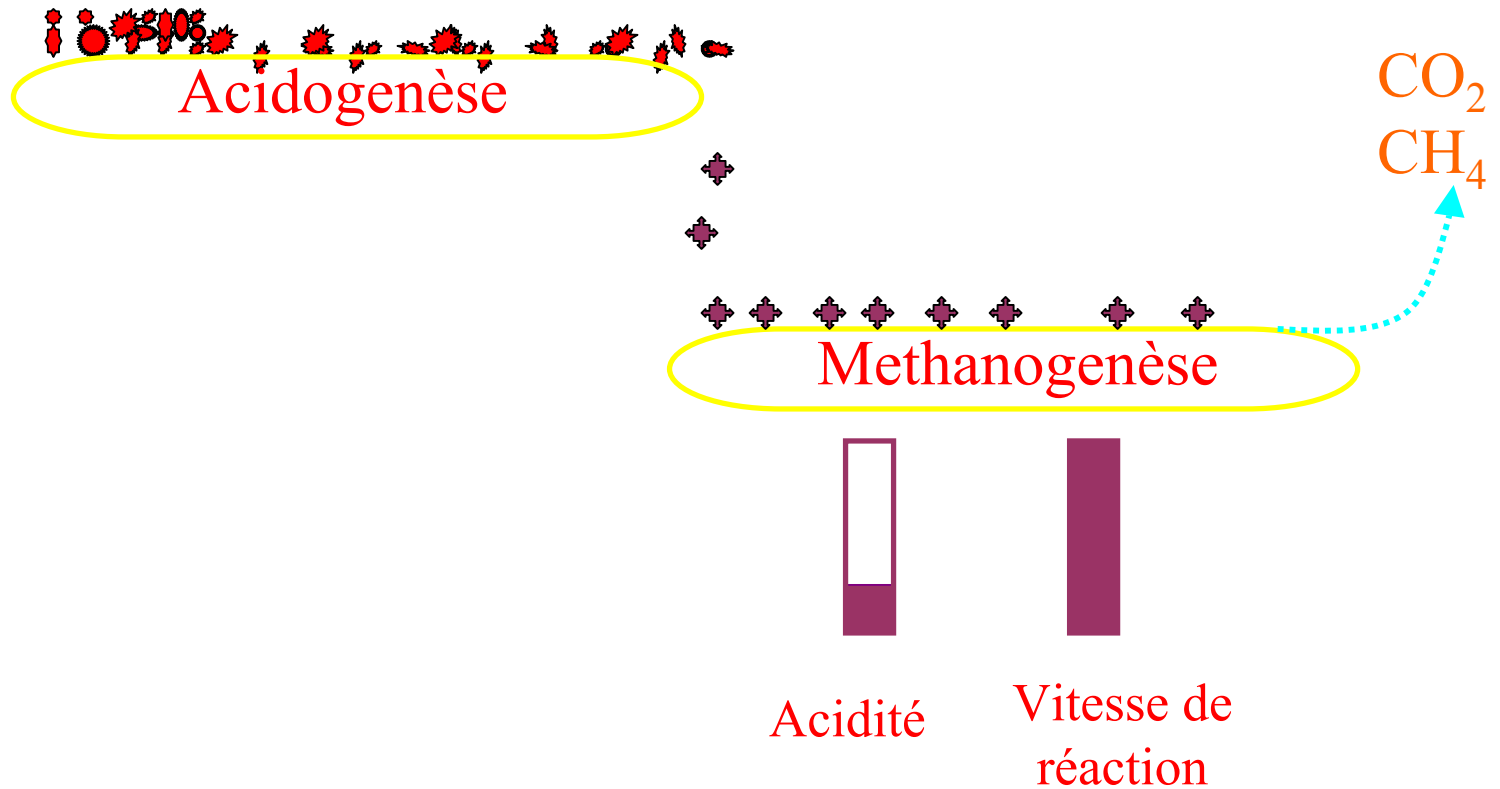
lent

Inhibition

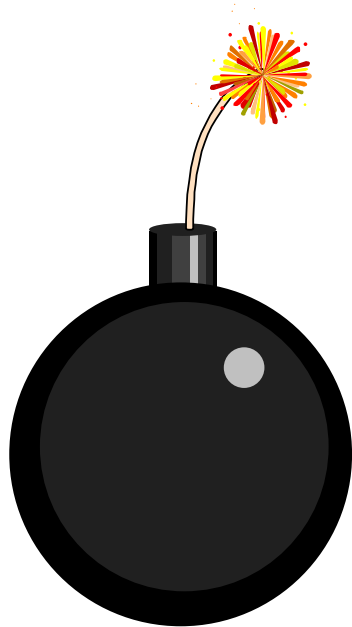
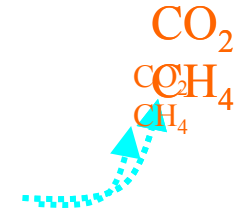
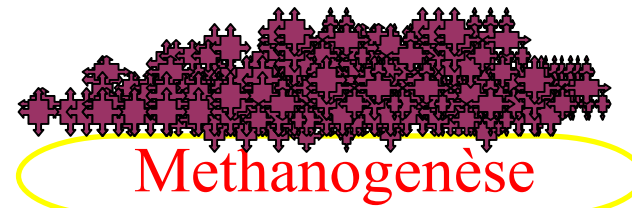



DCO : Demande Chimique en Oxygène,  AGV: Acides Gras Volatils

Fonctionnement normal



Surcharge



Acidité

Vitesse de
réaction

Procédé difficile à piloter

- Procédé qui nécessite une certaine expertise

↓ Mieux le surveiller

- De nouveaux capteurs
- Valider l'information
- Estimer des variables clés
- Combiner cette information pour détecter une panne
- Transmettre ces informations à un expert

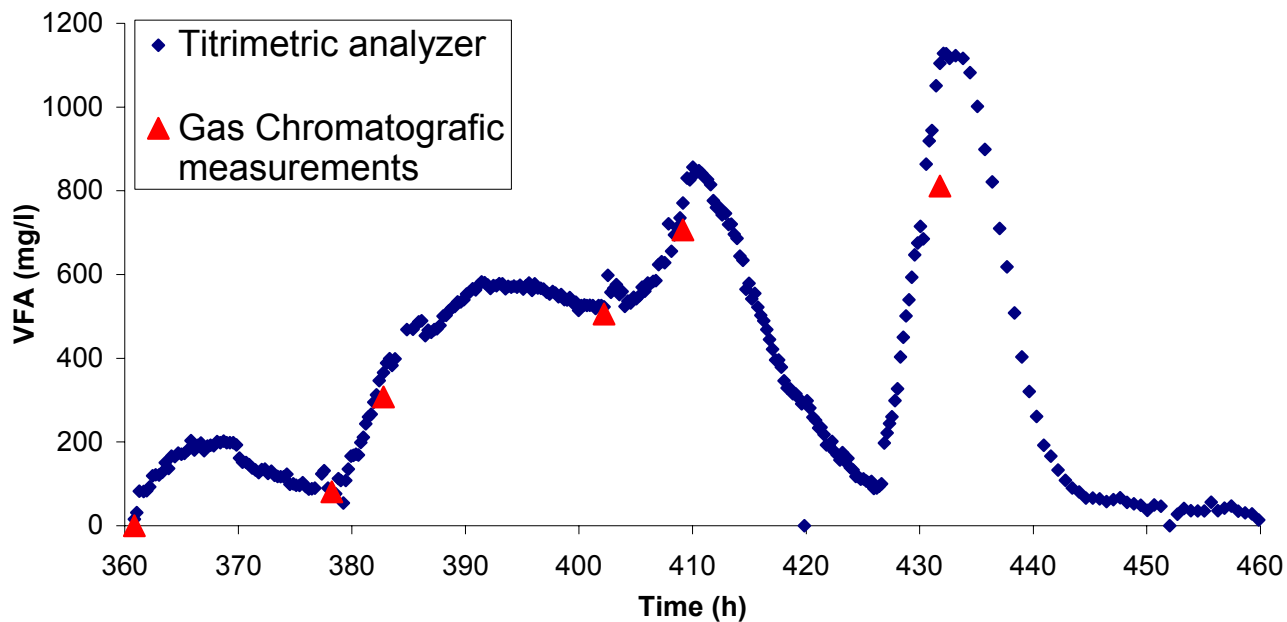
↓ Mieux le stabiliser

- Mieux comprendre sa dynamique
- Mieux simuler sa dynamique
- Proposer des stratégies de régulation
- Entraîner un expert

☒ Tenir compte des incertitudes pour fiabiliser le procédé

↓ **Mieux surveiller**

- De nouveaux capteurs
- Valider l'information
- Estimer des variables clés
- Combiner cette information pour détecter une panne
- Transmettre ces informations à un expert



AnaSense: mesure AGV, bicarbonate et alcalinité

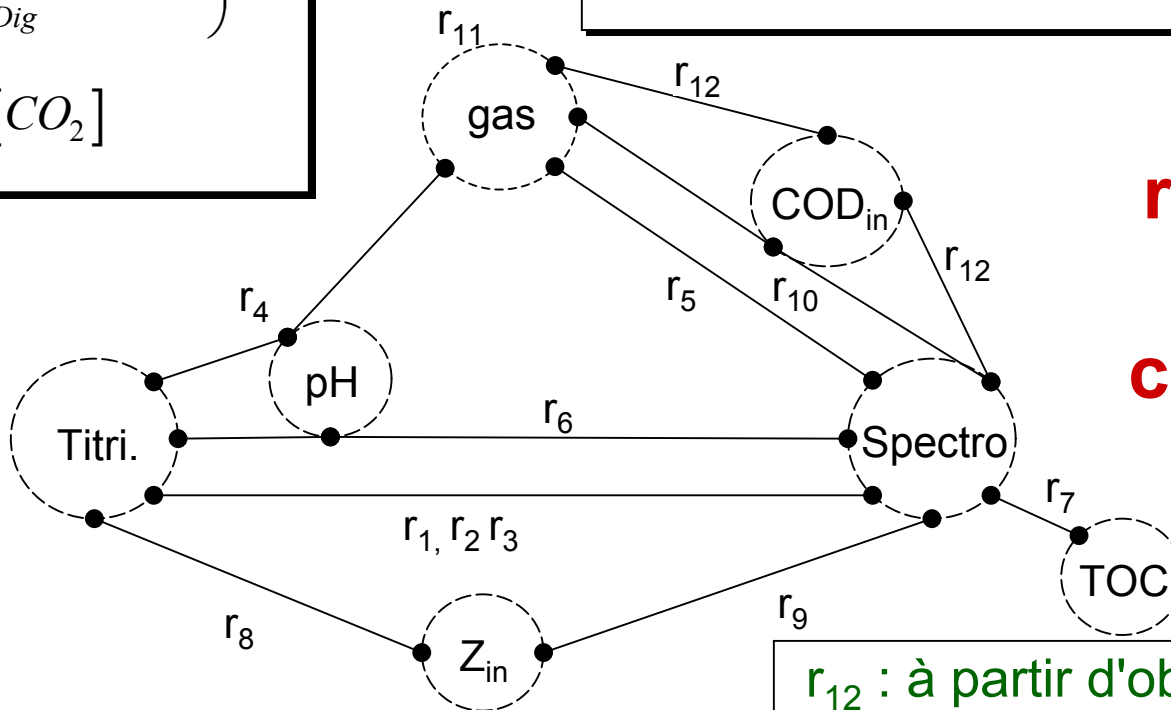
r_4 : à partir d'éq. algébriques

$$[CO_2] = \left(\frac{1}{k_{La}} \frac{q_C}{V_{Dig}} - K_H P_C \right)$$

$$[Bic] = \frac{K_a}{10^{-pH}} [CO_2]$$

r_{10} : à partir du bilan DCO

$$\frac{dCOD}{dt} = D(COD_{in} - COD) - q_{CH_4}$$



**réseaux
de
capteurs**

r_1, r_2, r_3 : à partir de redondances physiques

r_{12} : à partir d'observateurs

$$\dot{\zeta} = D \left(S_1 + \frac{k_1}{k_2} S_2 - z_5 \right) - \frac{k_1 k_3}{k_2 k_6} q_M$$

with $\zeta = S_1 + \frac{k_1}{k_2} S_2$

⇐ Capteur logiciel : combiner des mesures et un modèle pour estimer les variables non mesurées

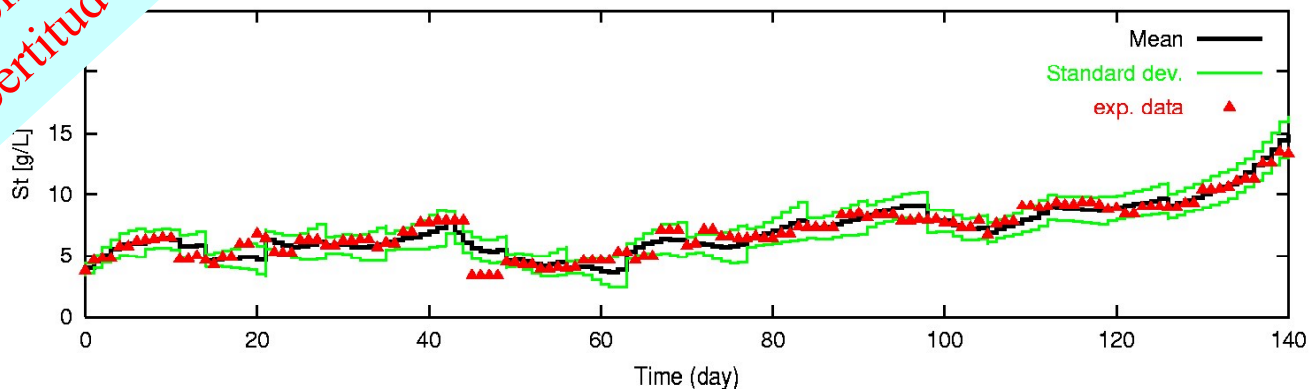
$$(AMH1) \begin{cases} \dot{X}_T = \frac{q_M(t)}{k_{6T}} - \alpha D) X_T \\ \dot{S}_T = D(S_{Tin} - S_T) - k_T \frac{q_M(t)}{k_{6T}} \end{cases}$$

Modèle

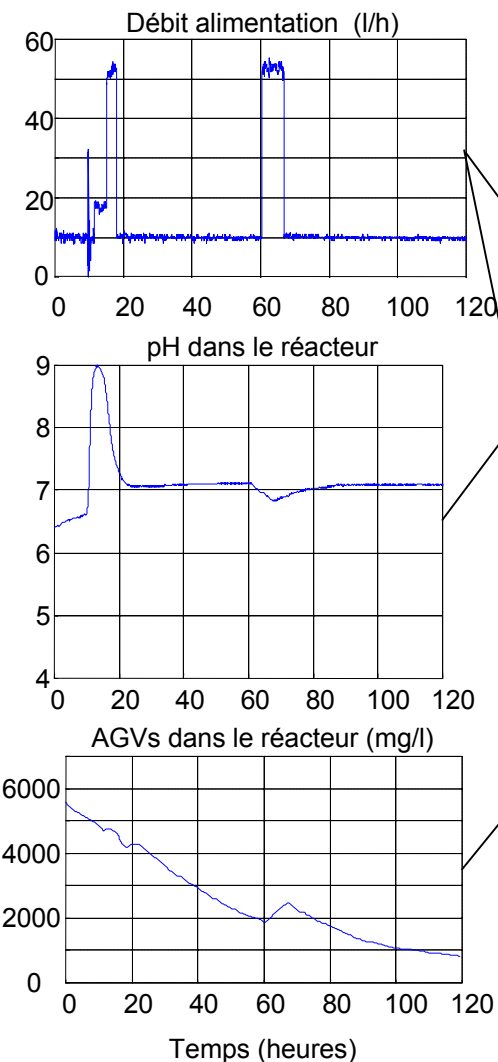


Mesures du CH4 en ligne

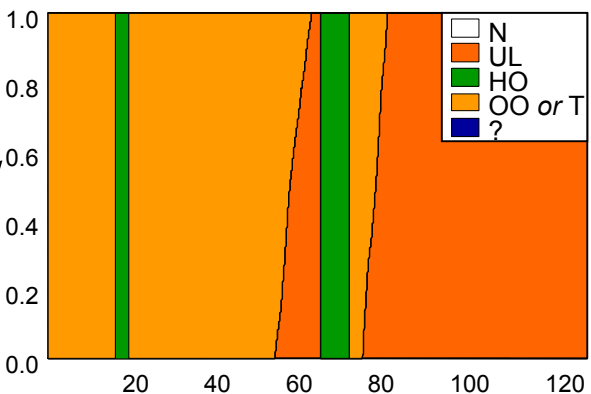
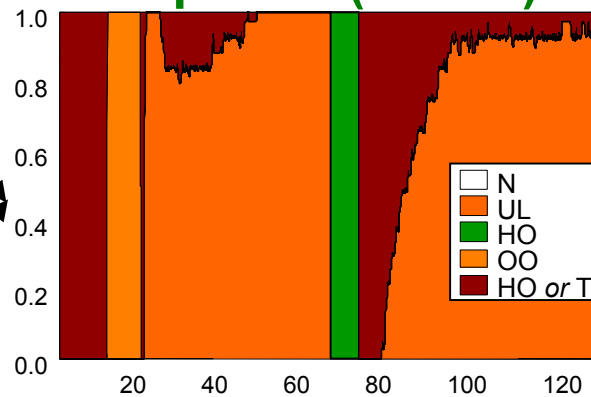
Prise en compte de l'incertitude



Estimation de la DCO sur 140 jours (méthaniseur 2000m³)



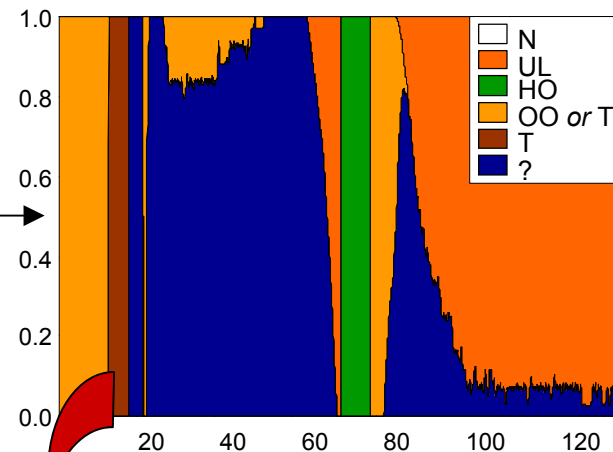
A partir de règles expertes (floues)



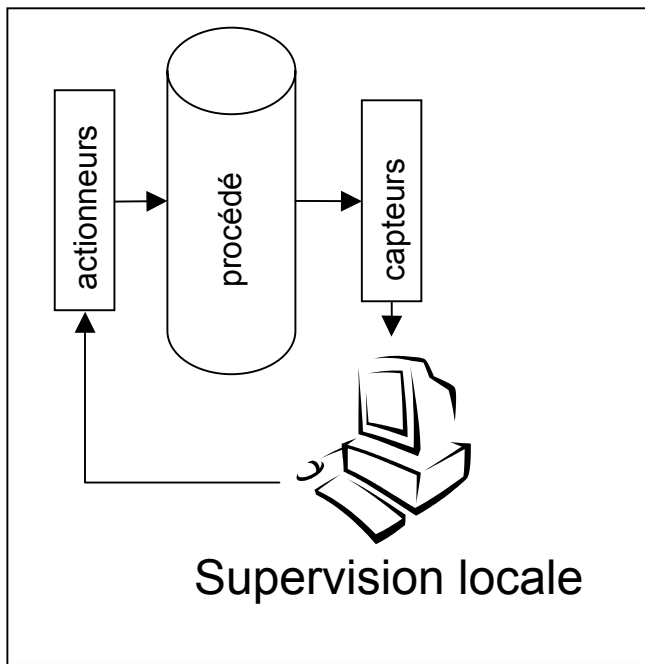
pH/Qin

AGV/Q

A partir du gestionnaire d'états



**TOXIQUE :
appel d'un expert
distant**



XML



Internet

XML

XML

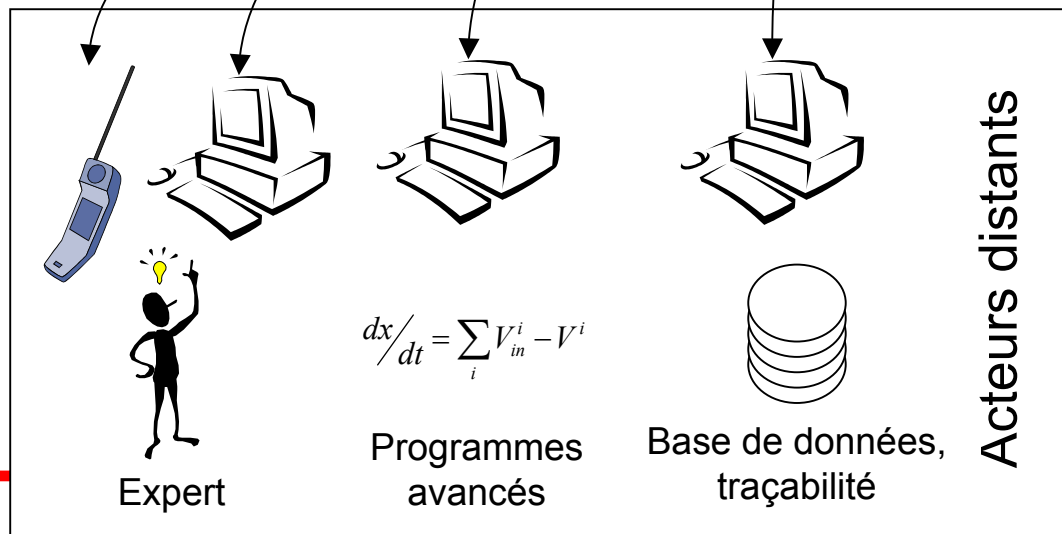
XML

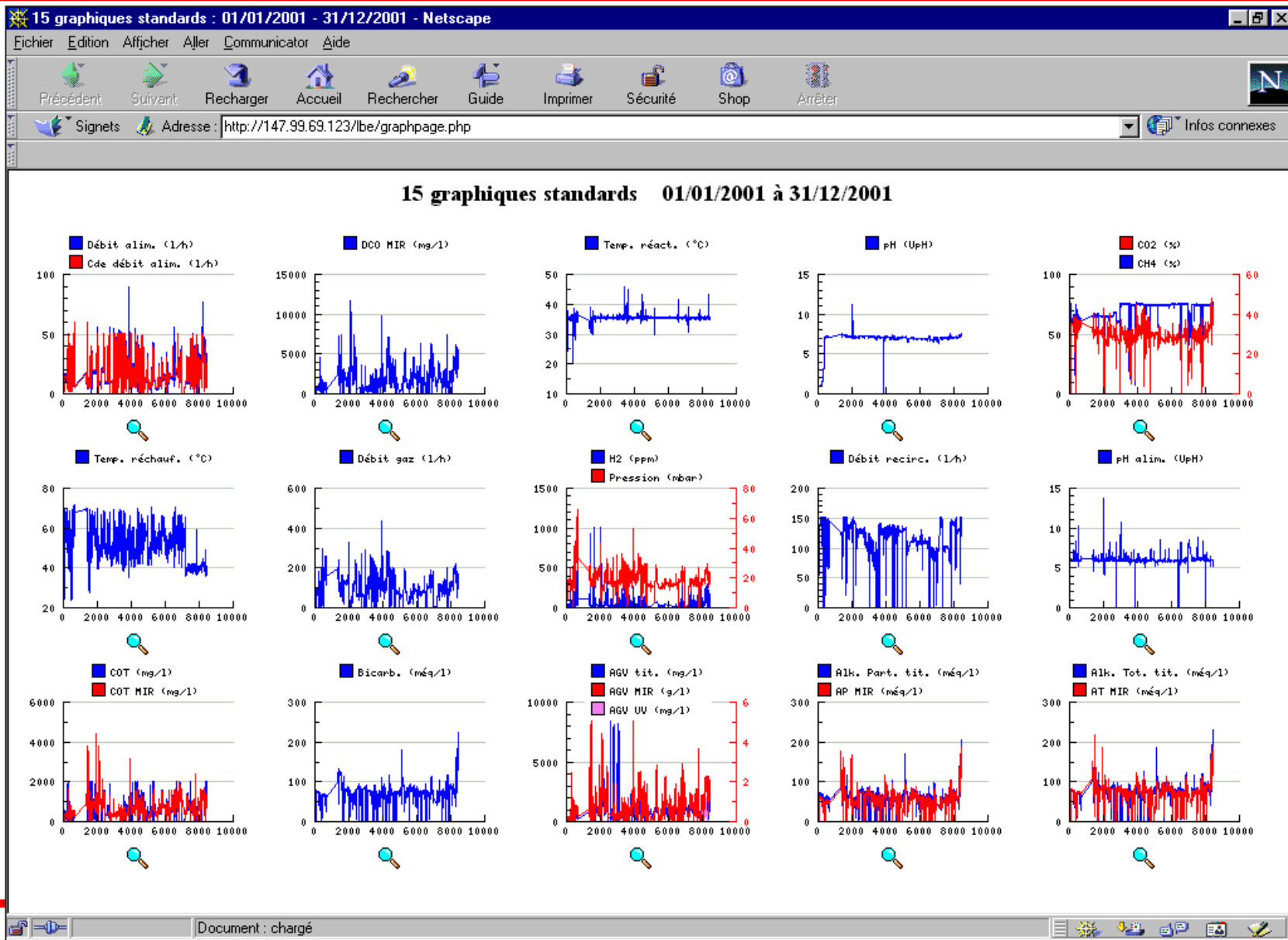
XML

PlantML : format d'échange de données

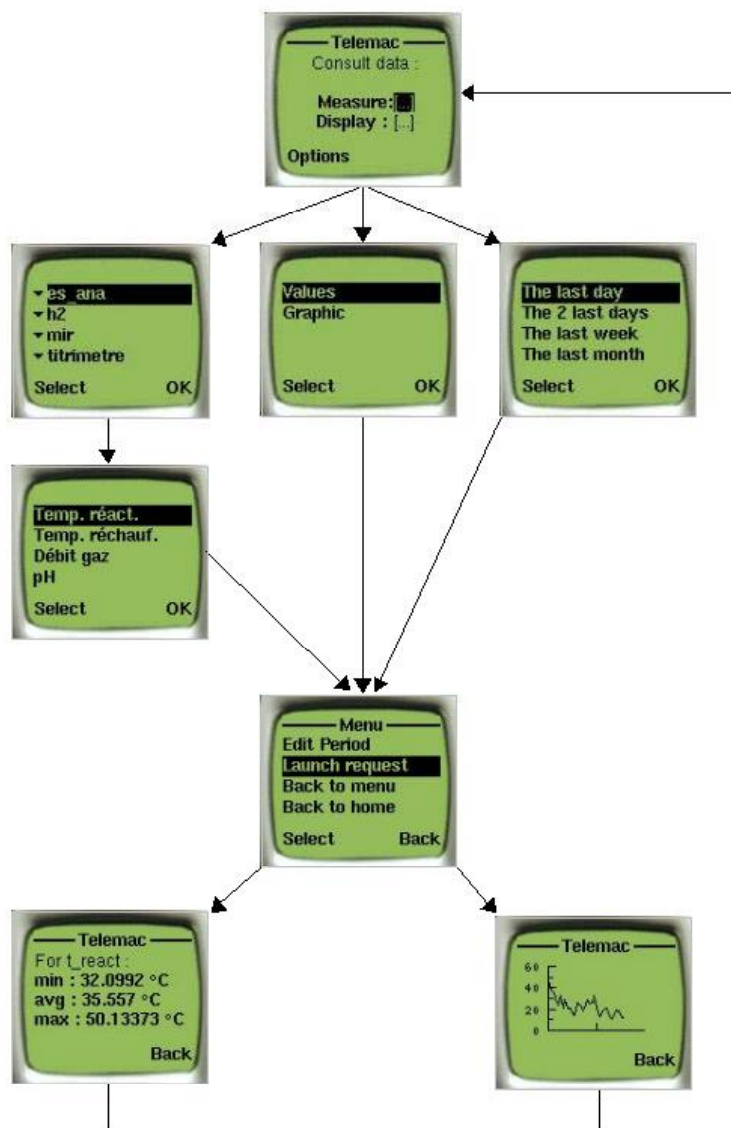
↪ Formalisme dédié aux WWTP

↪ Fonctions de télégestion





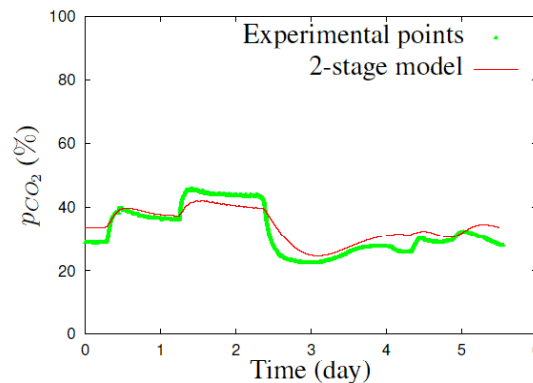
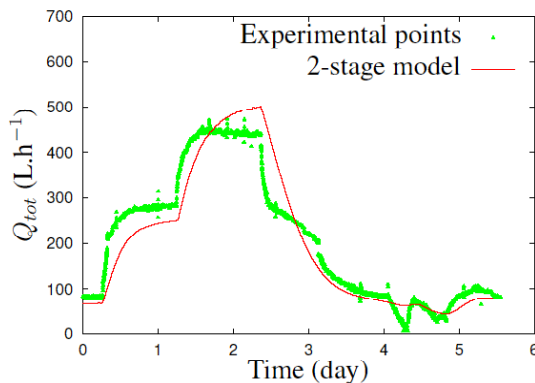
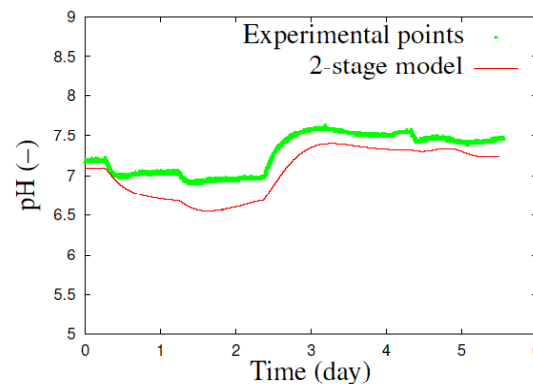
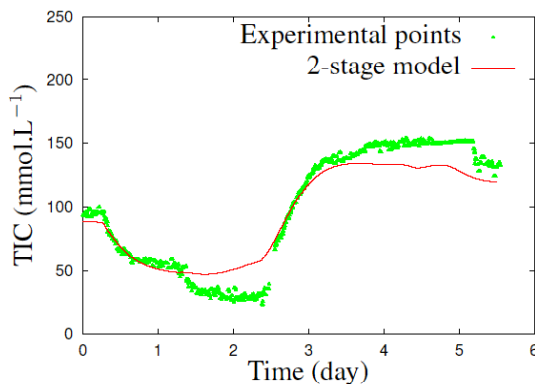
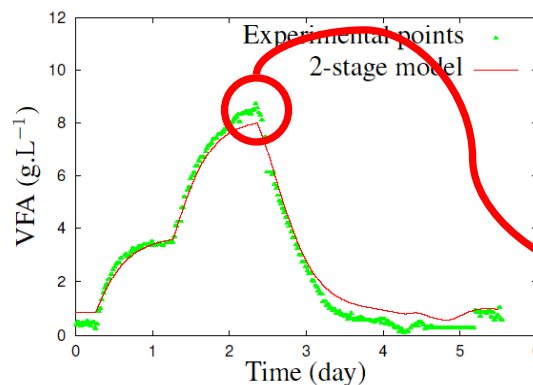
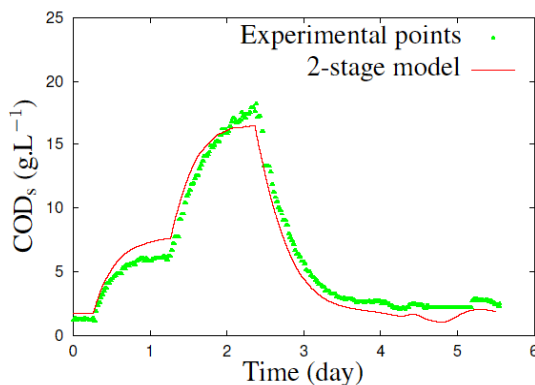
Interface WAP



↓ Mieux stabiliser

- Mieux comprendre sa dynamique
- Mieux simuler sa dynamique
- Proposer des stratégies de régulation
- Entraîner un expert

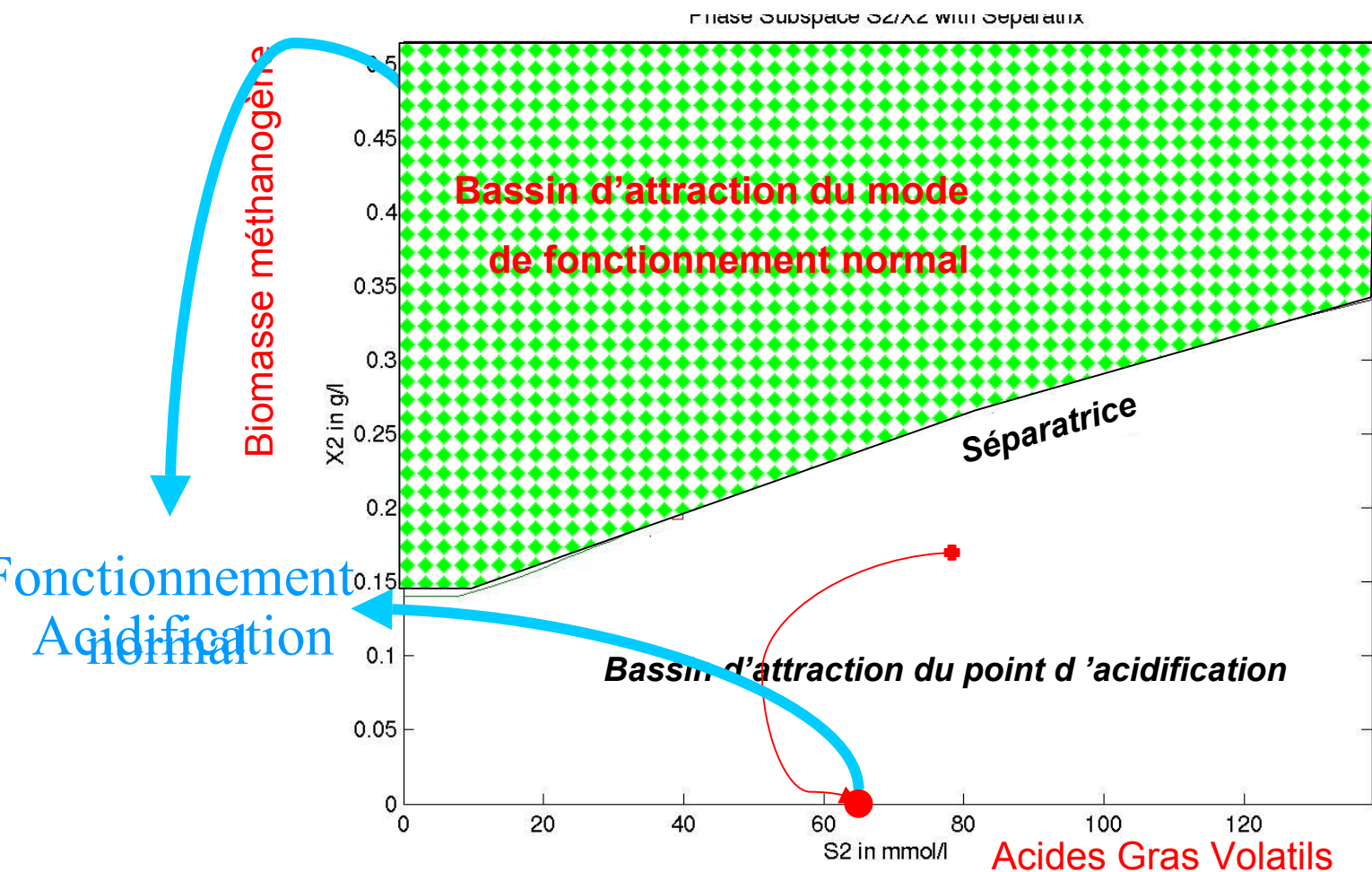
- M
- M



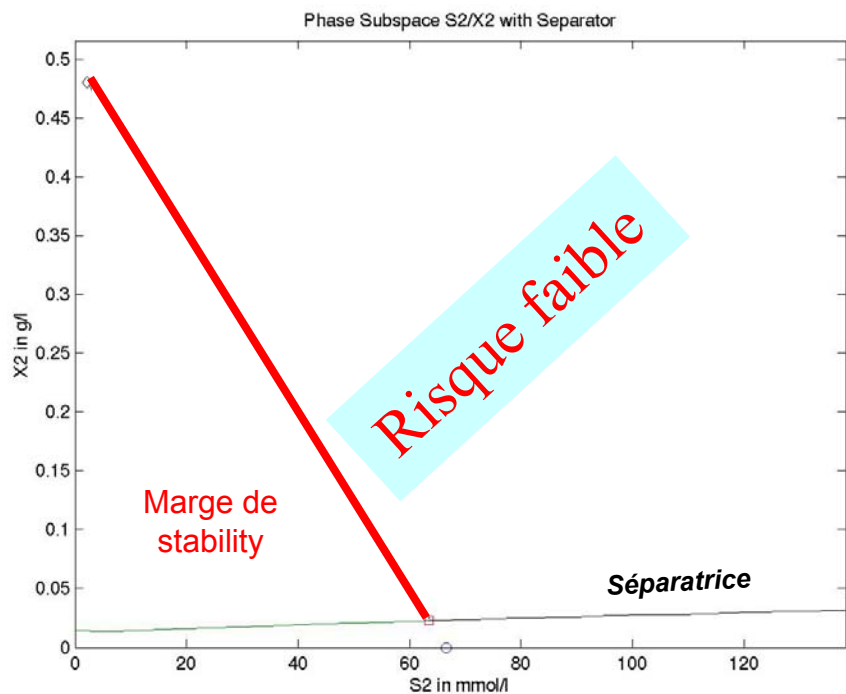
- Etude de la stabilité et définition d'un **indice de risque**

⇐ Quel est le risque d'acidification ?

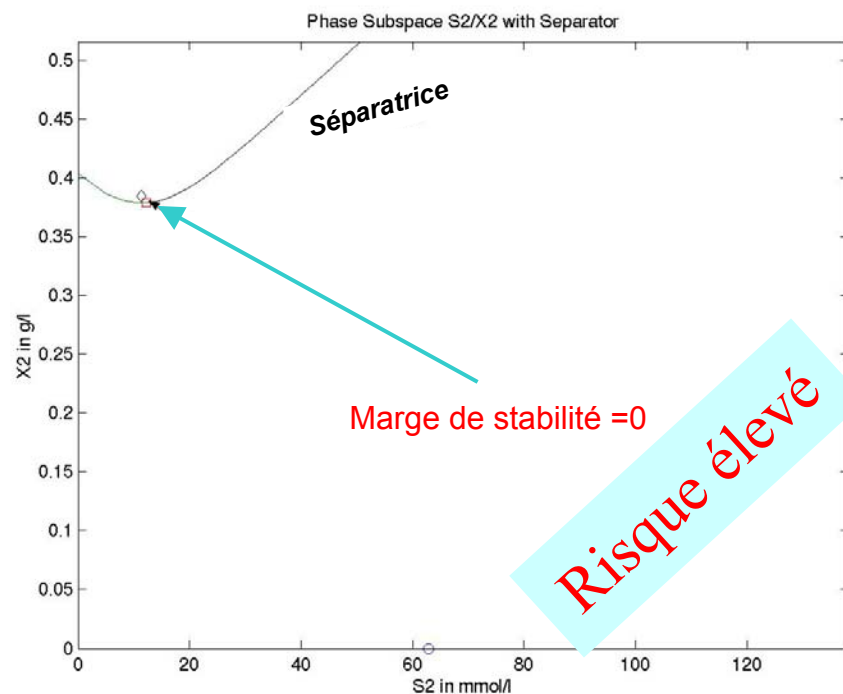
Etude du plan de phase



Evolution du Bassin d'attraction avec le taux de Dilution

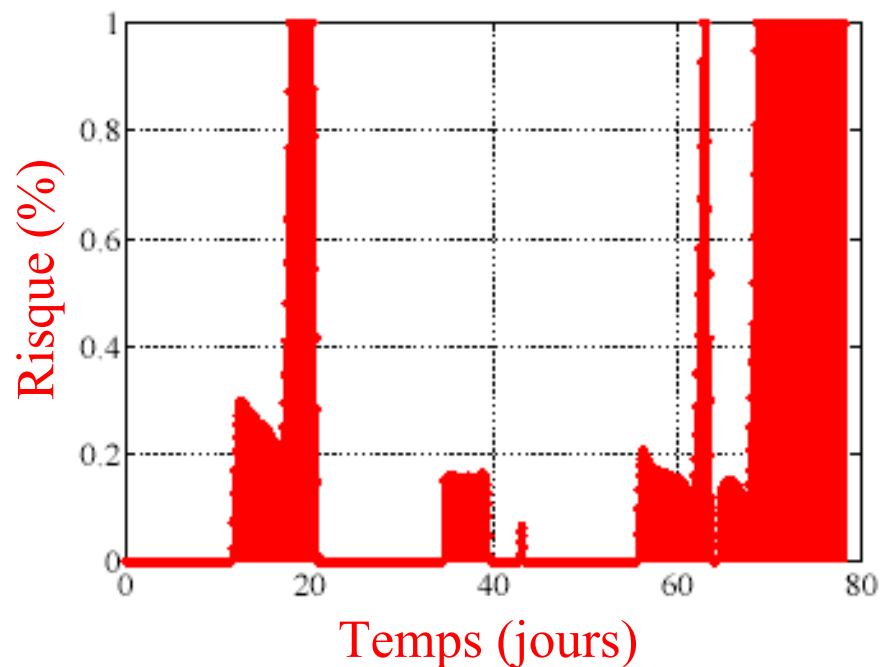
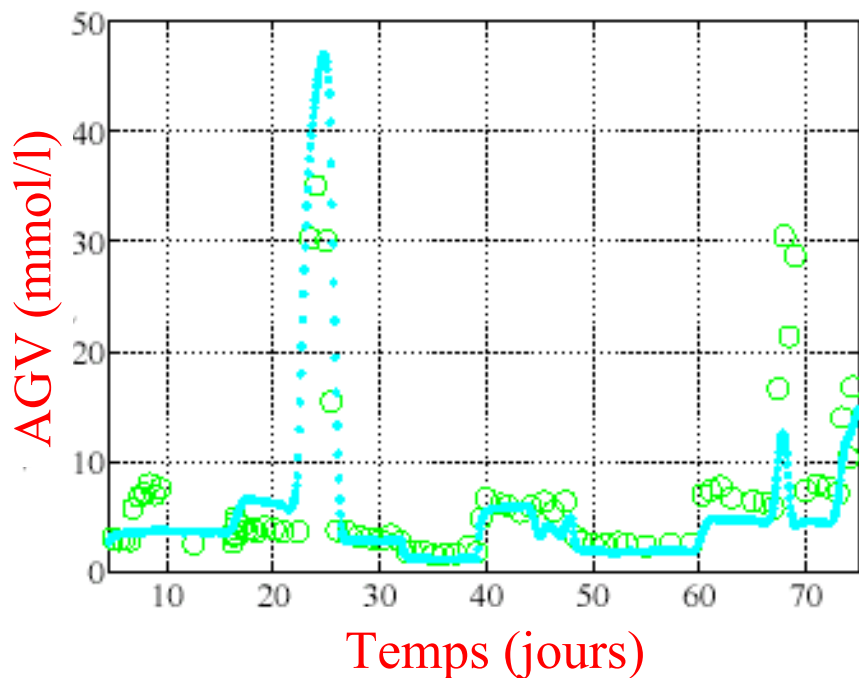


Taux de Dilution faible



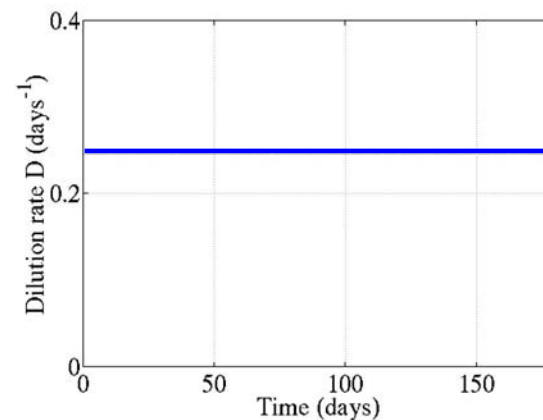
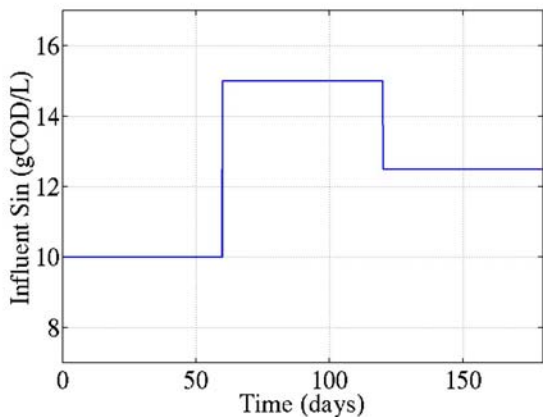
Taux de dilution élevé

Estimation du risque associé à un mode de gestion

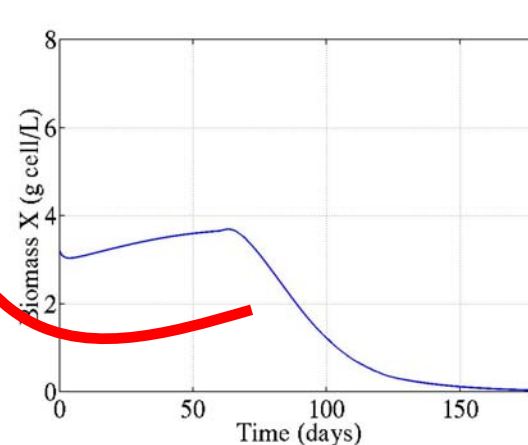
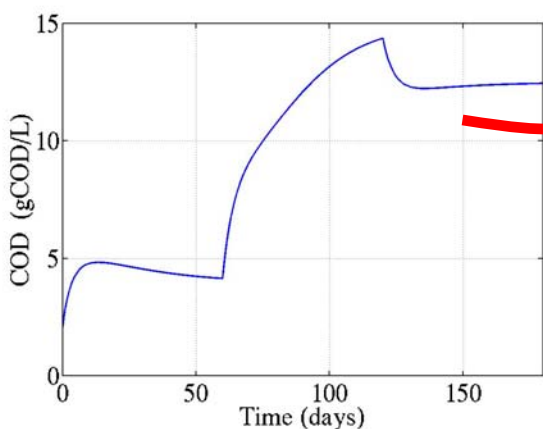


- **Contrôle robuste... compatible avec la télégestion**
 - Basé sur les mesures en ligne de méthane
 - Peu d'hypothèse sur l'alimentation

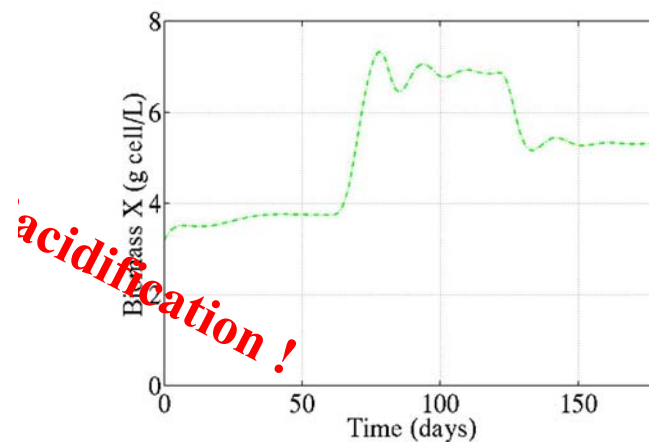
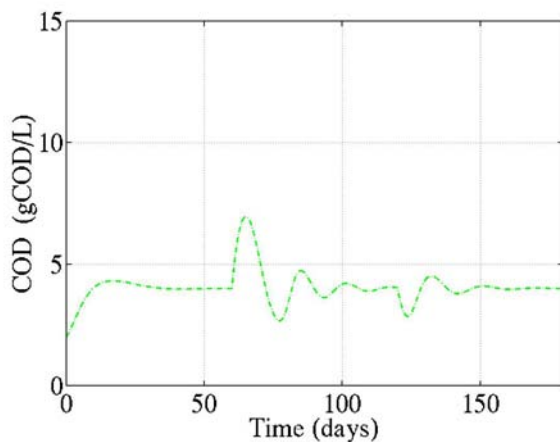
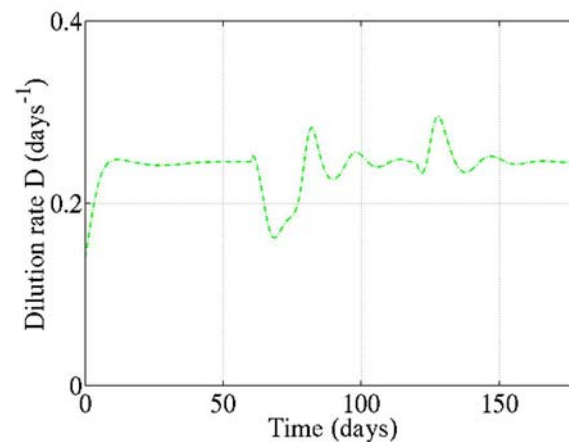
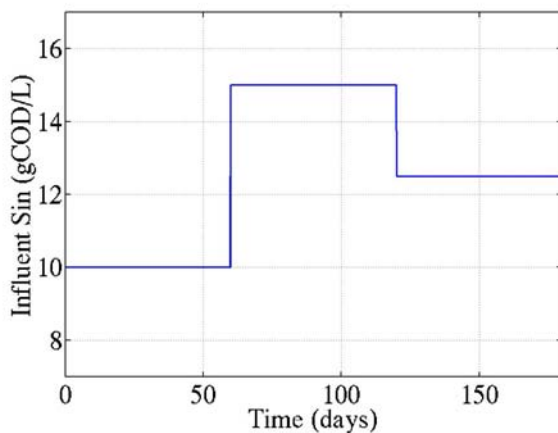
Sans contrôleur : boucle ouverte



Surcharge et acidification !

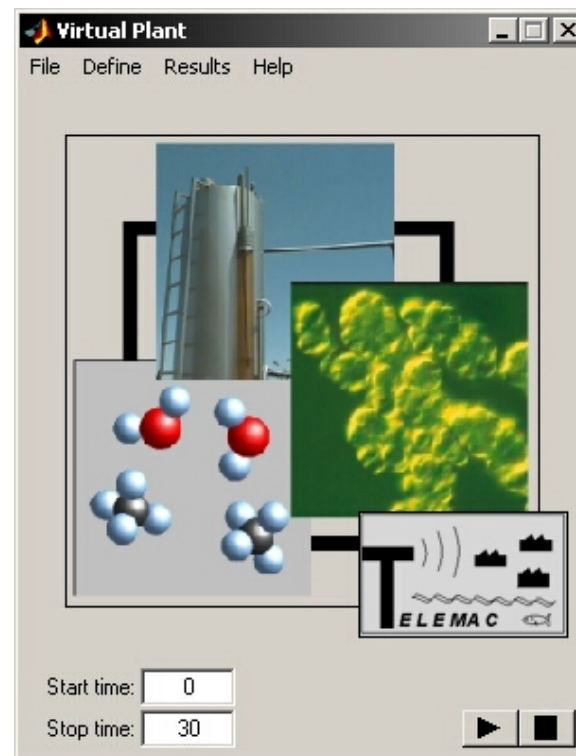


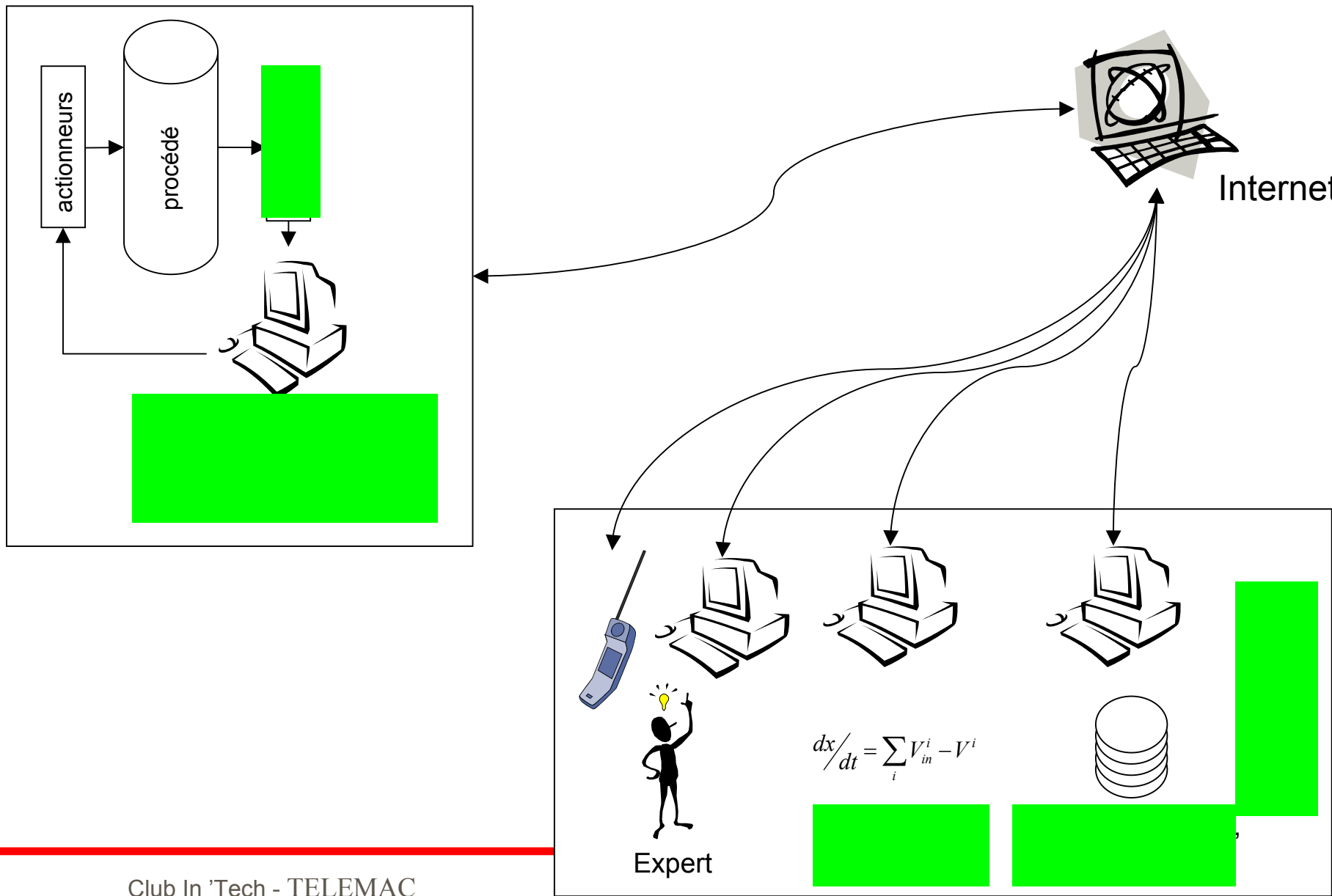
Avec contrôleur : boucle fermée



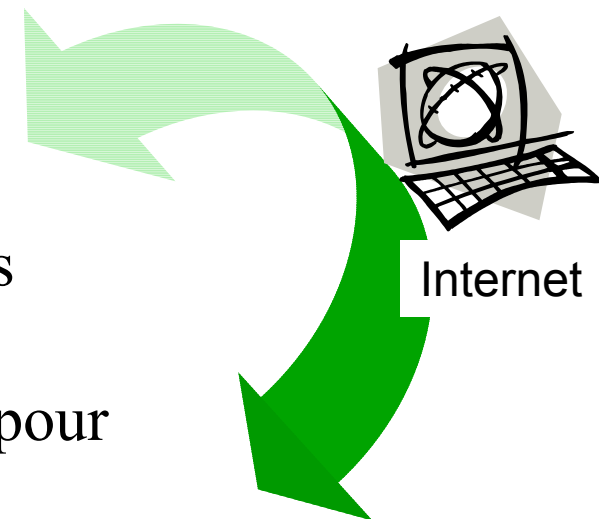
Méthaniseur virtuel

- Tester des scénarii de panne
- Tester des lois de contrôle
- Tester les logiciels de télégestion...





- Un ensemble d'outils pour contrôler des méthaniseurs
- Permettre une gestion à distance

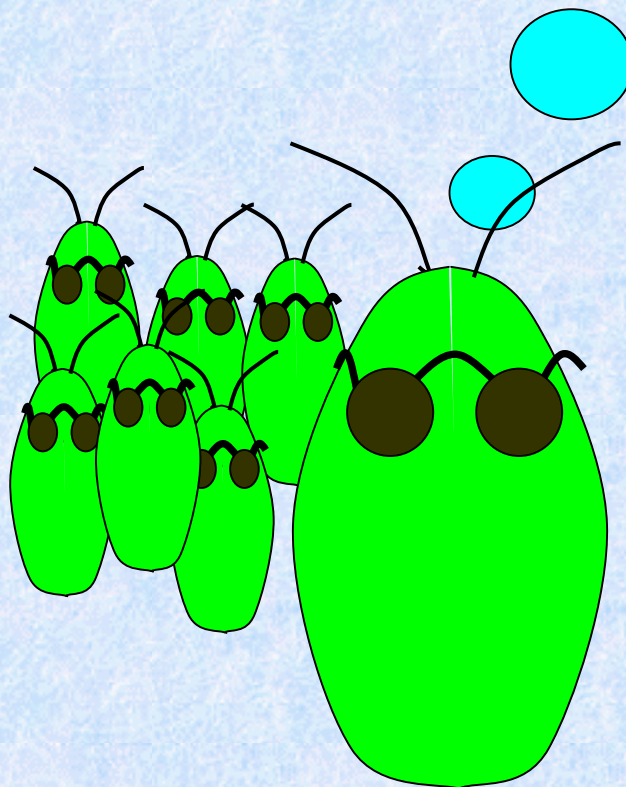


⇒ Rendre la méthanisation possible, même pour des sites isolés

⇒ Créer les conditions optimales pour la valorisation du biogaz



Merci de votre attention !



$$\begin{cases} \dot{x}_1 = u(s_i - x_1) - \rho(x_1)x_2 \\ \dot{x}_2 = (\mu(x_3) - u)x_2 \\ \dot{x}_3 = \rho(x_1) - \mu(x_3)x_3 \end{cases}$$

