

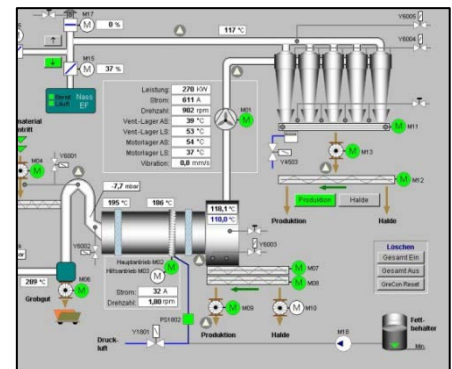
# Journées Recherche et Industrie biogaz méthanisation

16-17-18 octobre 2013

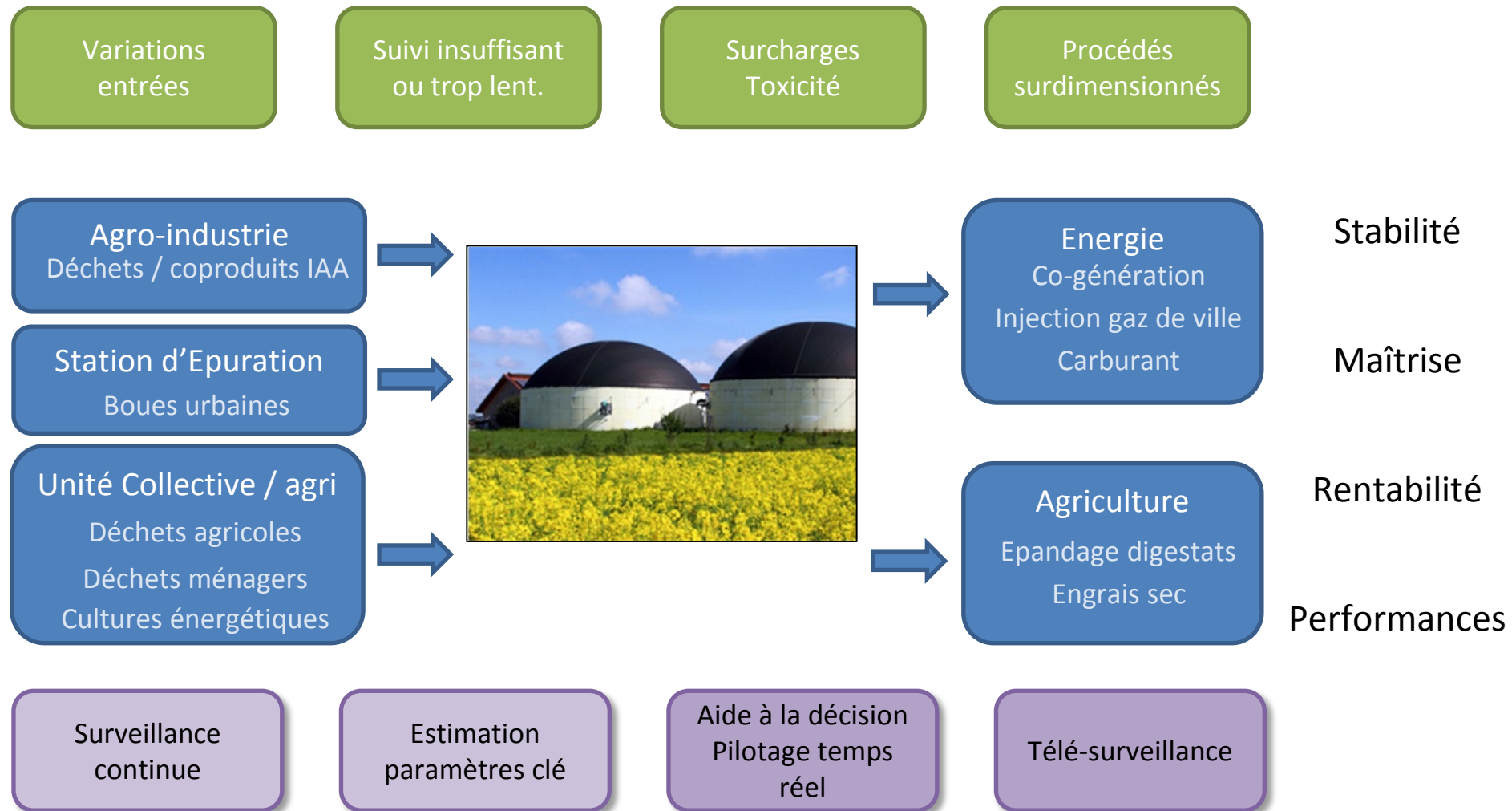
Palais des Archevêques de Narbonne

# Contrôle, Commande et Optimisation des procédés de méthanisation

Journées Recherche et Industrie



# Problématique de la supervision



# La supervision comme réponse

## 20 ans de recherche au LBE et à l'INRIA

Développer des modèles et des outils de supervision pour les procédés biologiques

## 2001-2004, Projet Européen Télémac

Solutions de télé-supervision

Nouveaux modules et deux logiciels pour la supervision

## 2008-2013

35 % des publications du LBE sur la supervision et la modélisation

## 2013

Création de BioEnTech



## Modéliser

Comprendre  
Prévoir

## Collecter

Centraliser  
Valider  
Archiver

## Afficher

Graphe des  
mesures en-ligne  
et labo  
Maintenance

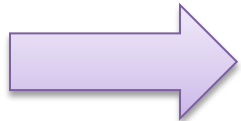
## Calculer

Estimation  
Diagnostic  
Modélisation

## Agir

Alarmes  
Aide à la décision  
Contrôle

Substrats



Opérateur



Capteurs



Prescriptions / Commandes



## Intérêt de la modélisation

Fournit une description mathématique du procédé.

Un modèle est basé sur un ensemble d'hypothèses de fonctionnement.

Un modèle validé, c'est:

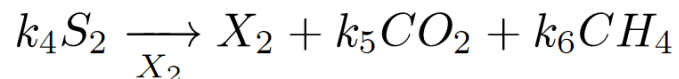
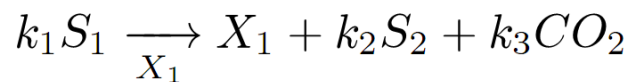
- Le signe de la bonne compréhension du passé
- La possibilité de prédire le futur
- Une meilleure information pour maintenant.

## Quels modèles pour mon procédé ?

**ADM-1** : standard de l'IWA, bonne représentation "naïve" d'un procédé  
Nombreux paramètres à identifier.

**AM-2** : Modèle à deux biomasses (INRA-INRIA)

Une plus grande simplicité pour mieux décrire et agir



## **Instrumentation adaptée**

Ne pas s'arrêter à pH / T

### **Fonctions de l'instrumentation:**

Détection et Analyse rapide des perturbations

Prescription d'actions correctives

Bilan de l'unité: rapport entrée / sortie

## **Caractérisation du gaz:** débit et composition

La production de biogaz est un indicateur très rapide de changements en cours.

Le taux de CH<sub>4</sub> est directement affecté par les états que nous voulons éviter (acidification, accumulation d'ammonium).

## **Caractérisation de l'entrée et sortie**

Instrumentation délicate

Les mesures de suivi en laboratoire peuvent servir à un suivi en-ligne.

## Validation de l'information

Les conditions de vie d'un capteur sur un méthaniseur sont difficiles:

Dérives, Encrassements.

## Diagnostic des capteurs

Analyse du signal: changement du niveau de "bruit", tendances, décrochages...

**Interprétation:** un changement de comportement de la mesure vient-il d'une perturbation du procédé ou de l'instrument ?

**Précision:** connaître et suivre la précision de l'information.

## Diagnostic des mesures labo

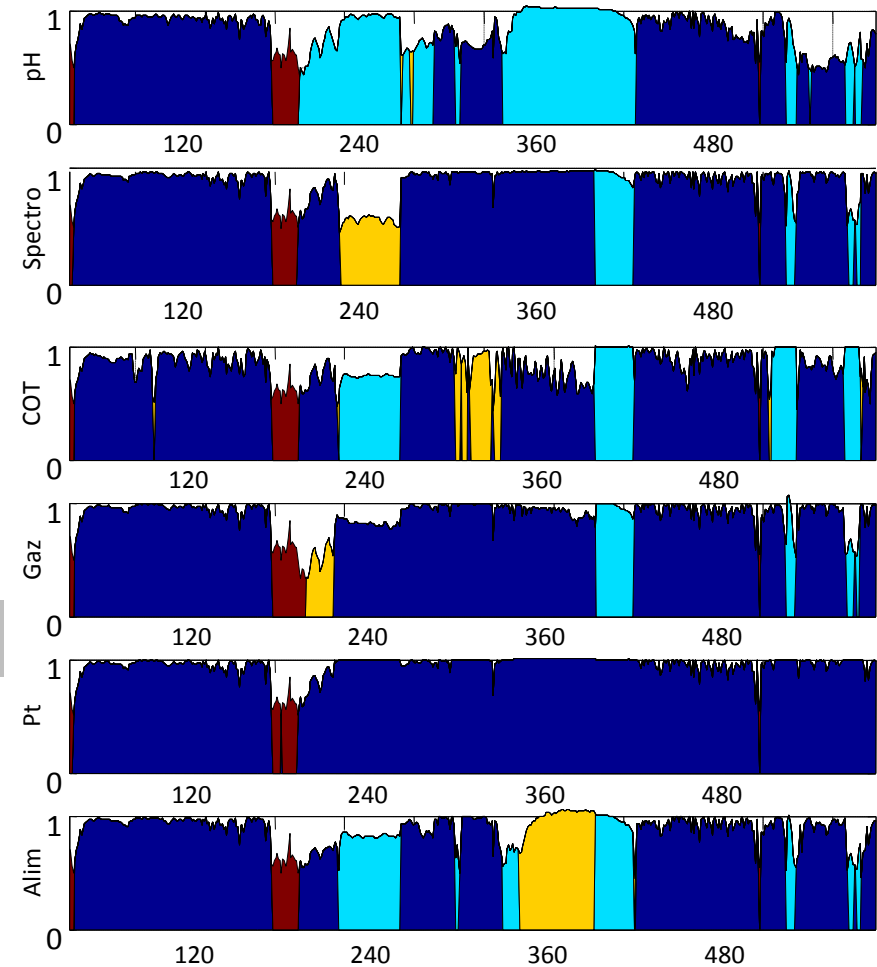
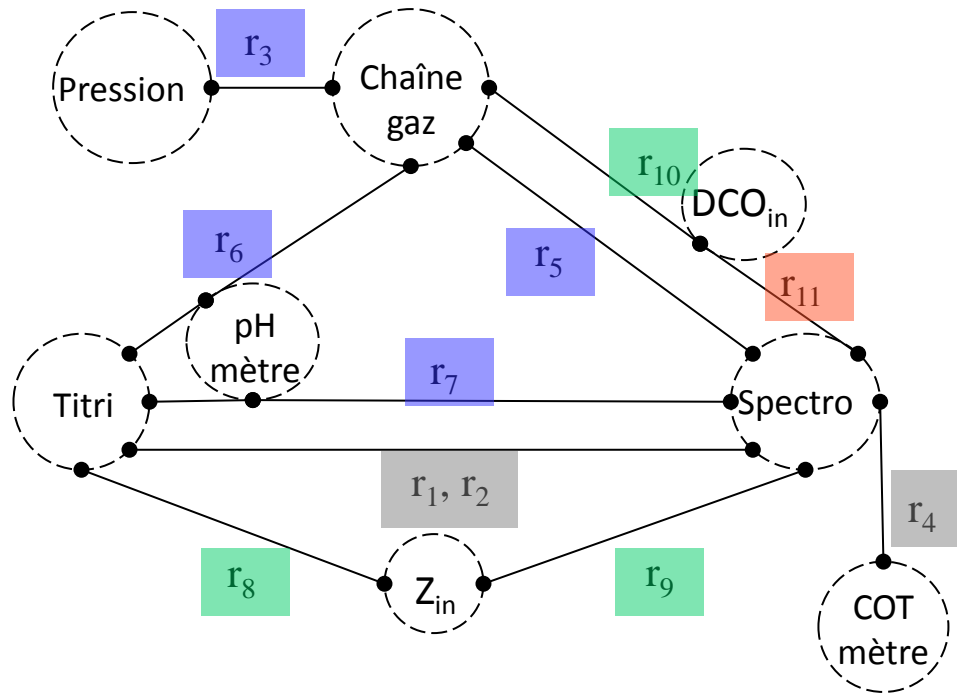
Vérifier des relations de cohérence entre toutes les mesures:

Redondance ou corrélation physico-chimique

Cohérence du processus: variation du bilan DCO



# Valider l'information

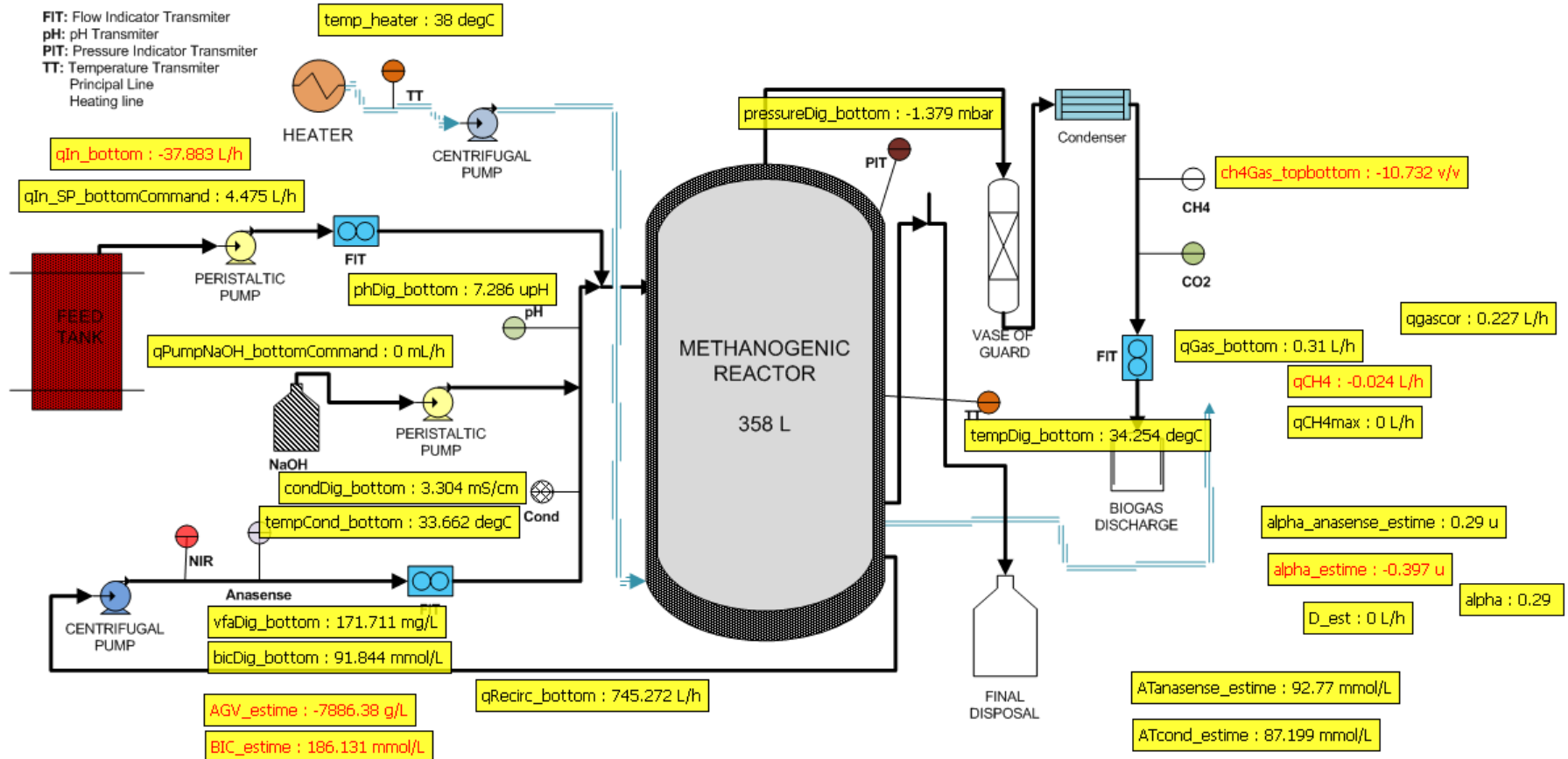


Conflit KO OK Doute

- Redondance physique
- Corrélation directe
- bilans de DCO
- Corrélation modèle

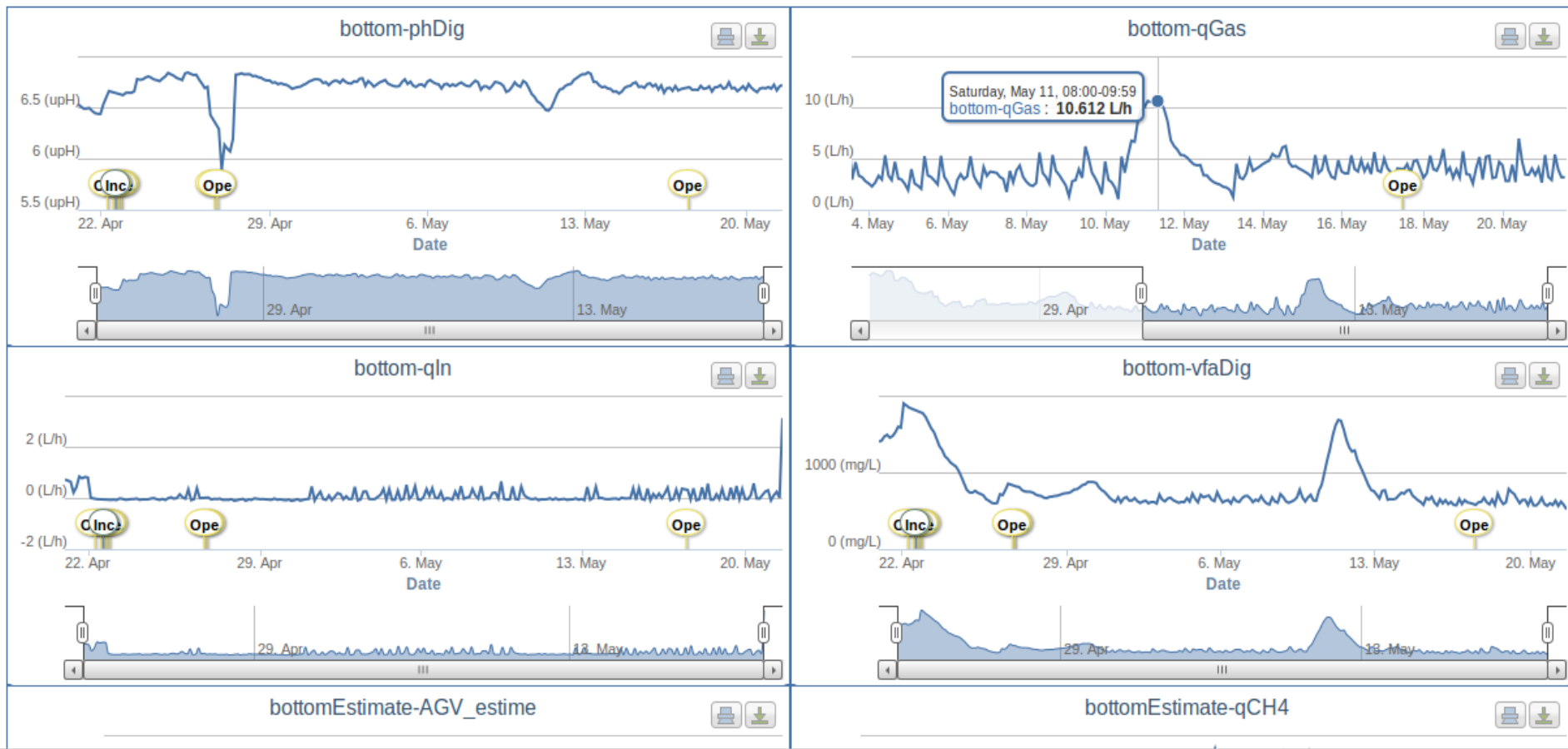
Piloter un méthaniseur: regarder loin devant (ce qui va se passer) et loin derrière (où je vais).

➡ Compléter l'affichage synoptique: rendu 'classique' de console Contrôle-Commande.





## Corréler observations, mesures hors-ligne et mesures capteurs



## Estimer des paramètres clés

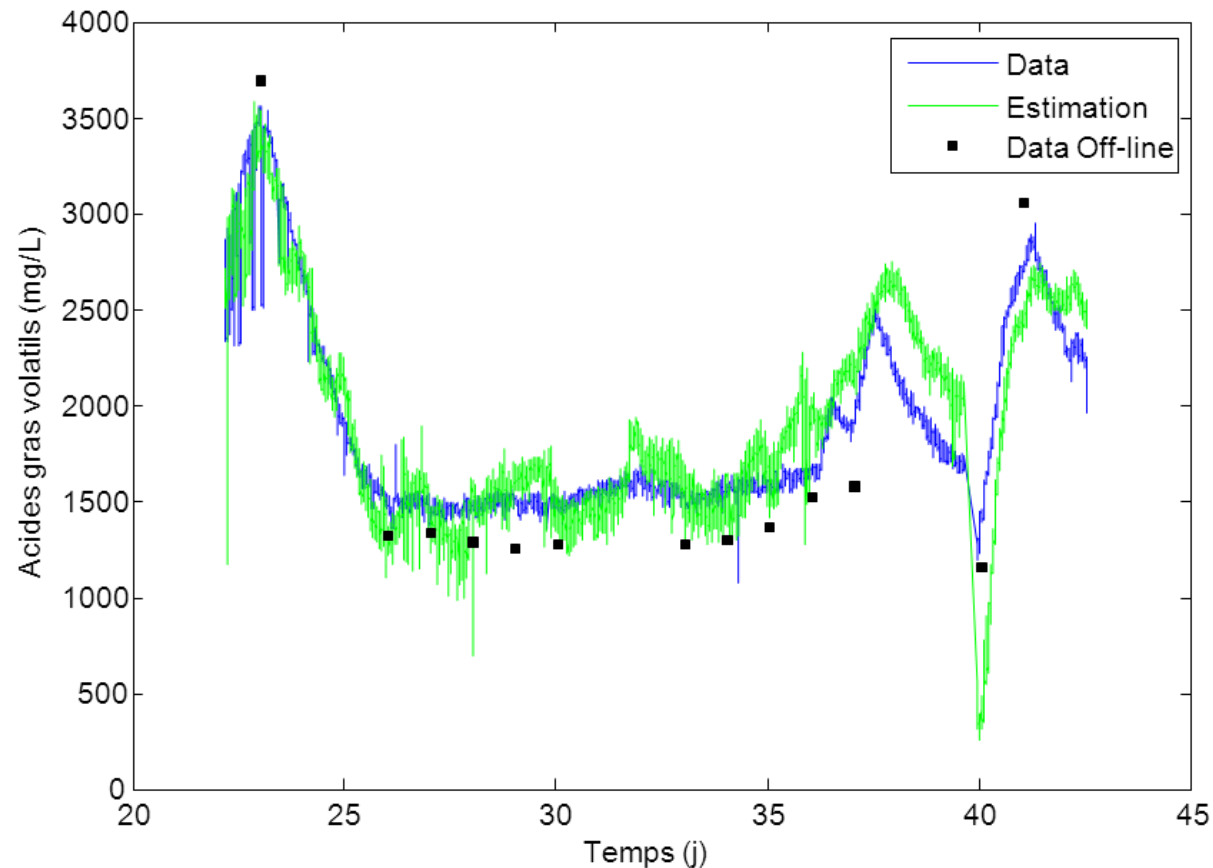
### Estimateurs

Estimer avec un modèle et quelques capteurs bon marché ce qu'on mesure en laboratoire ou avec des capteurs chers.

Détection précoce des dysfonctionnements, simplification du suivi analytique.

### Exemples:

- Estimation des AGV et Bicarbonate
- Observateur de la biomasse méthanogène active



## Indicateurs macro

### Critères de fonctionnement

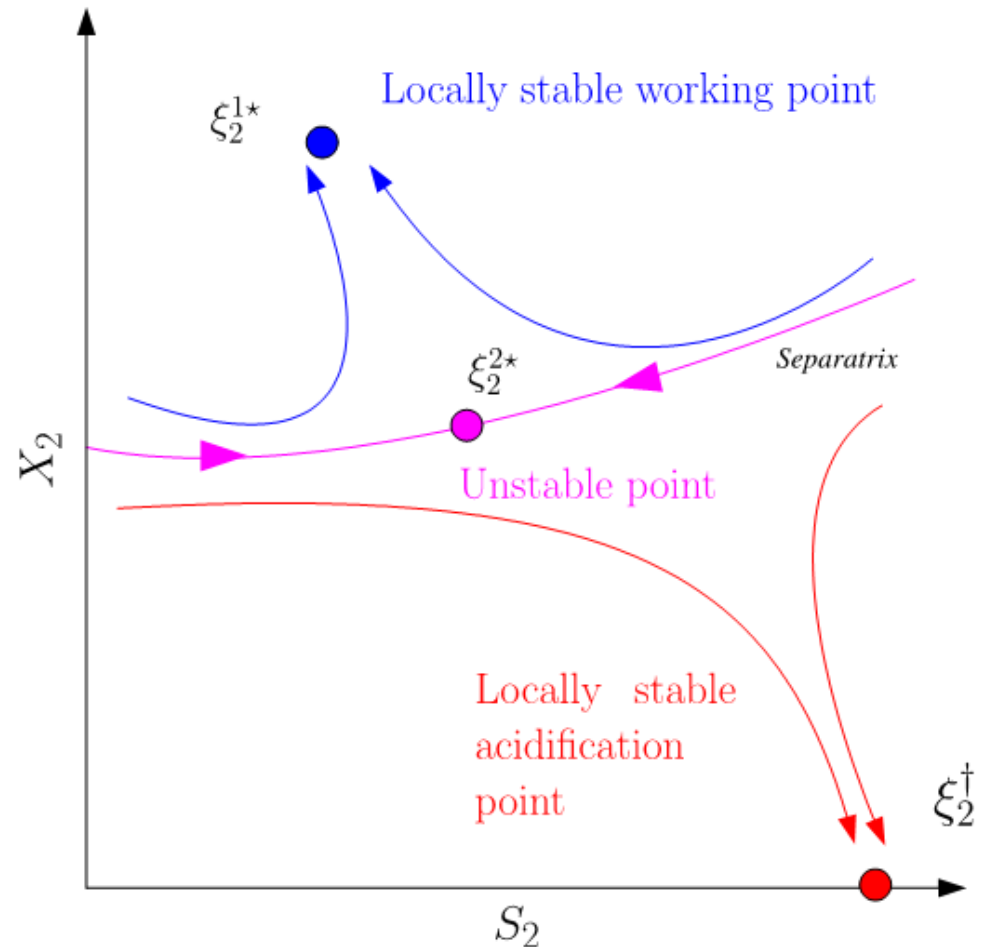
Taux d'abattement, Ratio d'alcalinité

## Indicateurs modèle

### Critère de risque

Reconnaître la trajectoire naturelle du procédé (et la corriger ou non).

Repose sur l'identification préalable d'un modèle



## Diagnostiquer l'état du procédé

Détecter et identifier les problèmes biologiques

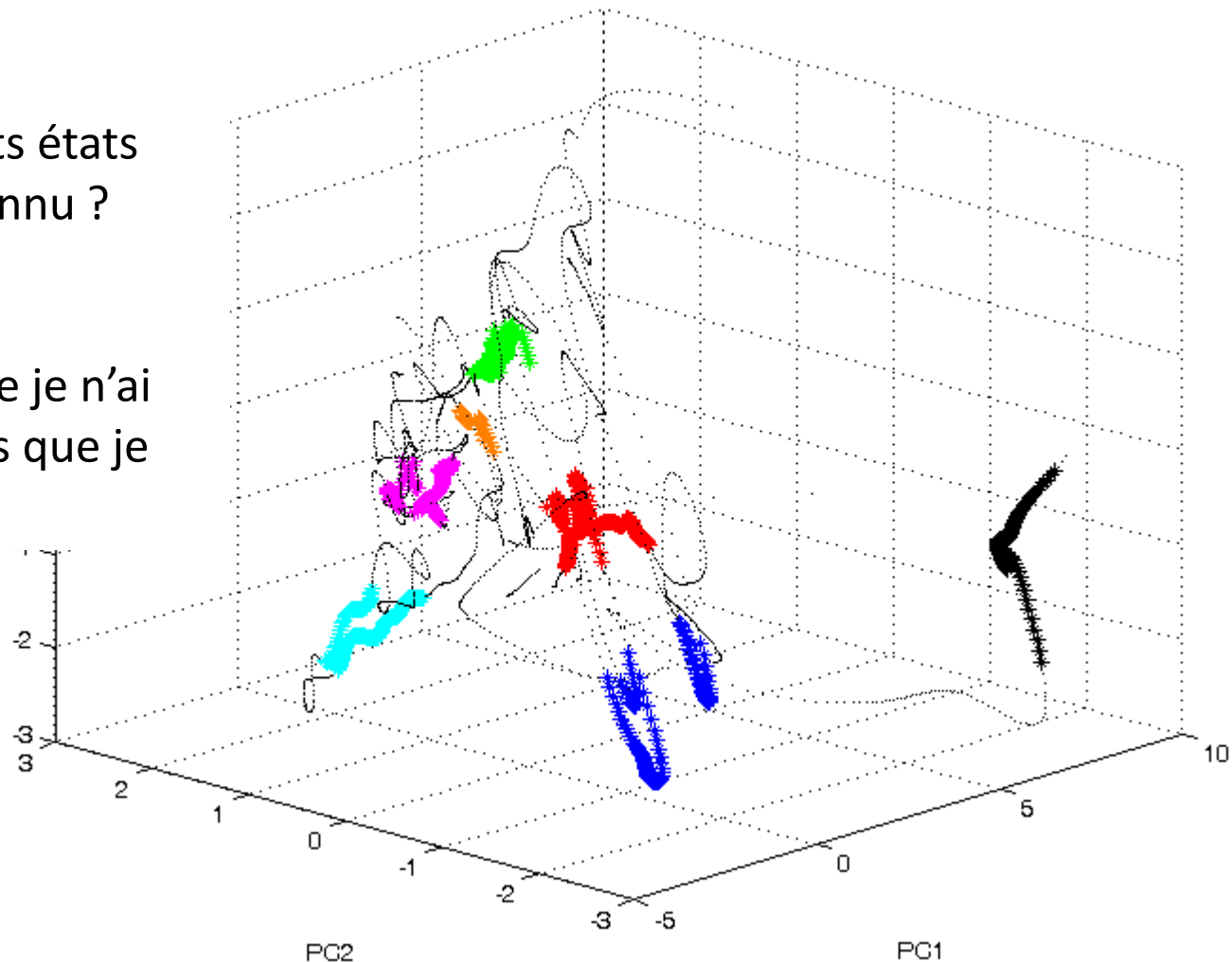
Approche basée l'historique et l'expérience.

### Fouille de données:

quels sont les différents états  
que mon procédé a connu ?

### Approche heuristique:

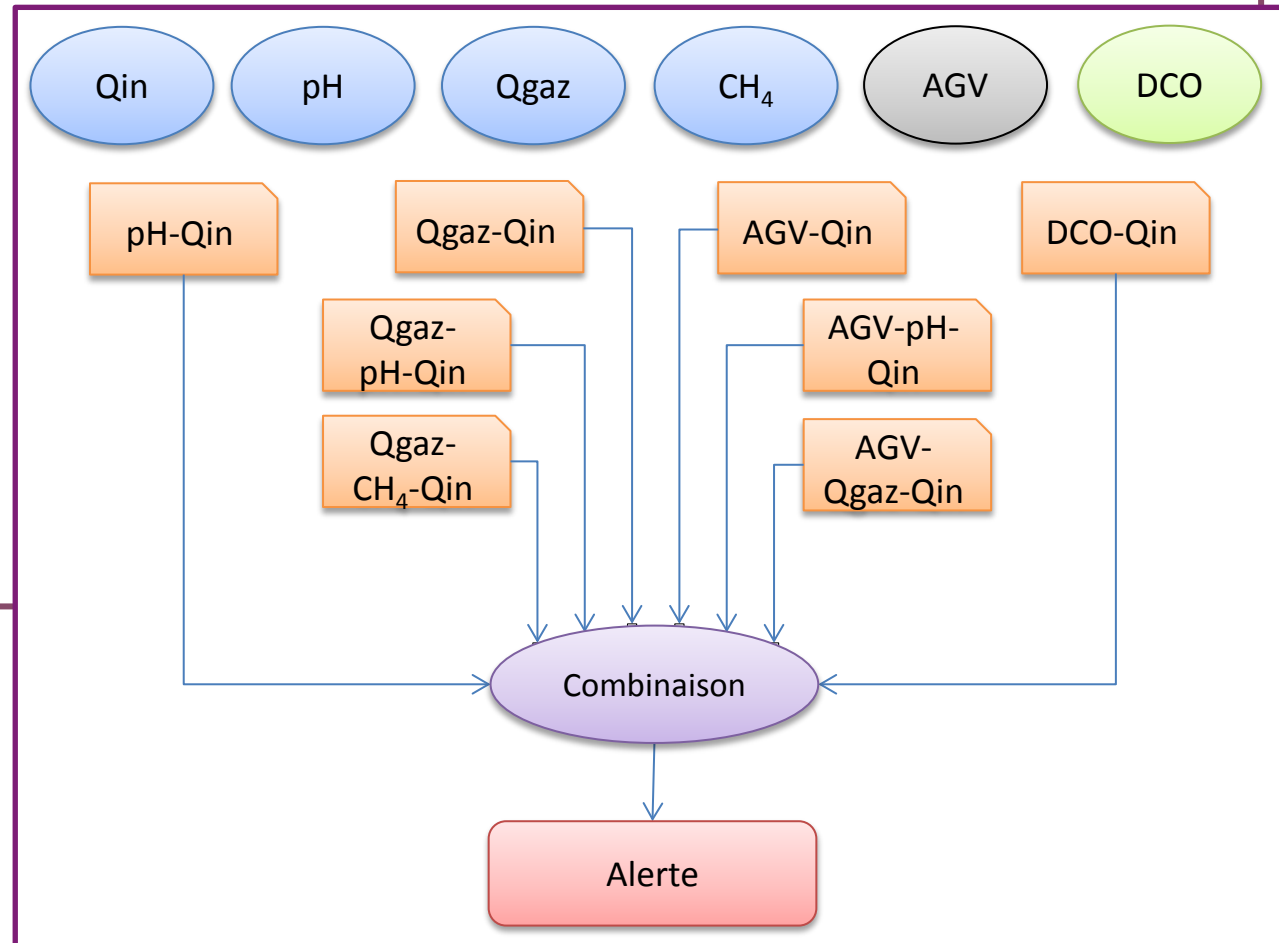
quels sont les états que je n'ai  
jamais rencontrés mais que je  
peux décrire ?



## Diagnostiquer l'état du procédé

Jeux de règles experts pour un nombre limité d'entrées

- Robustesse
- Conclusions partielles
- Combinaison

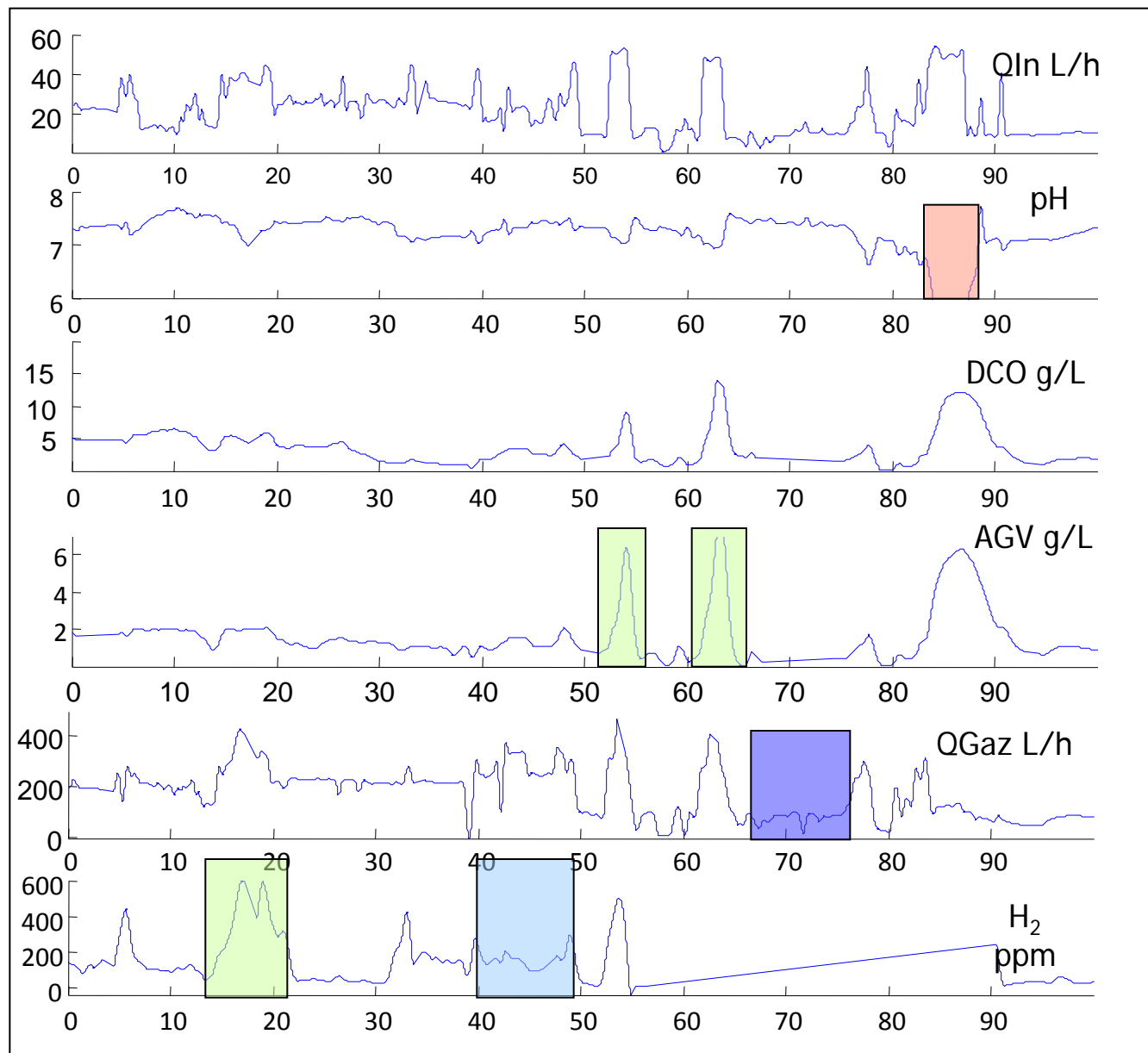


Surcharge  
hydraulique

Surcharge Organique

Sous-charge

Acidification





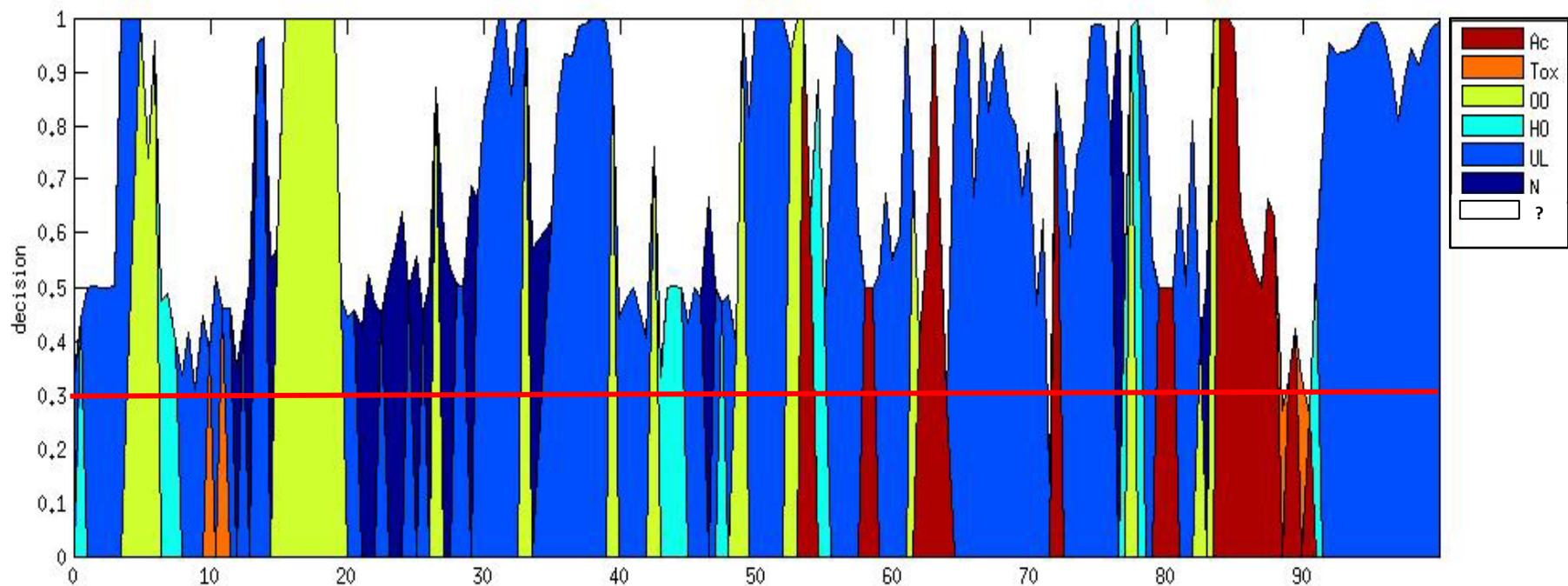
## Diagnostic

Sélectionner les meilleures sources d'information disponibles.

Combiner les conclusions.

Diagnostic de l'état du système, émissions d'alertes.

**Auto-évaluation de la cohérence du système de diagnostic**



## Commande et Aide à la décision

Un contrôleur calcule de nouvelles valeurs de commande (pompe d'alimentation, composition de l'entrée).

La nouvelle valeur peut être fournie comme une **prescription** à l'opérateur (aide à la décision) ou **directement appliquée** sur le procédé (contrôle temps réel).

## Différents types de contrôleurs

Logique floue: jeu de règles expertes

Control optimal: basé sur un modèle du procédé, calcul d'une trajectoire optimale

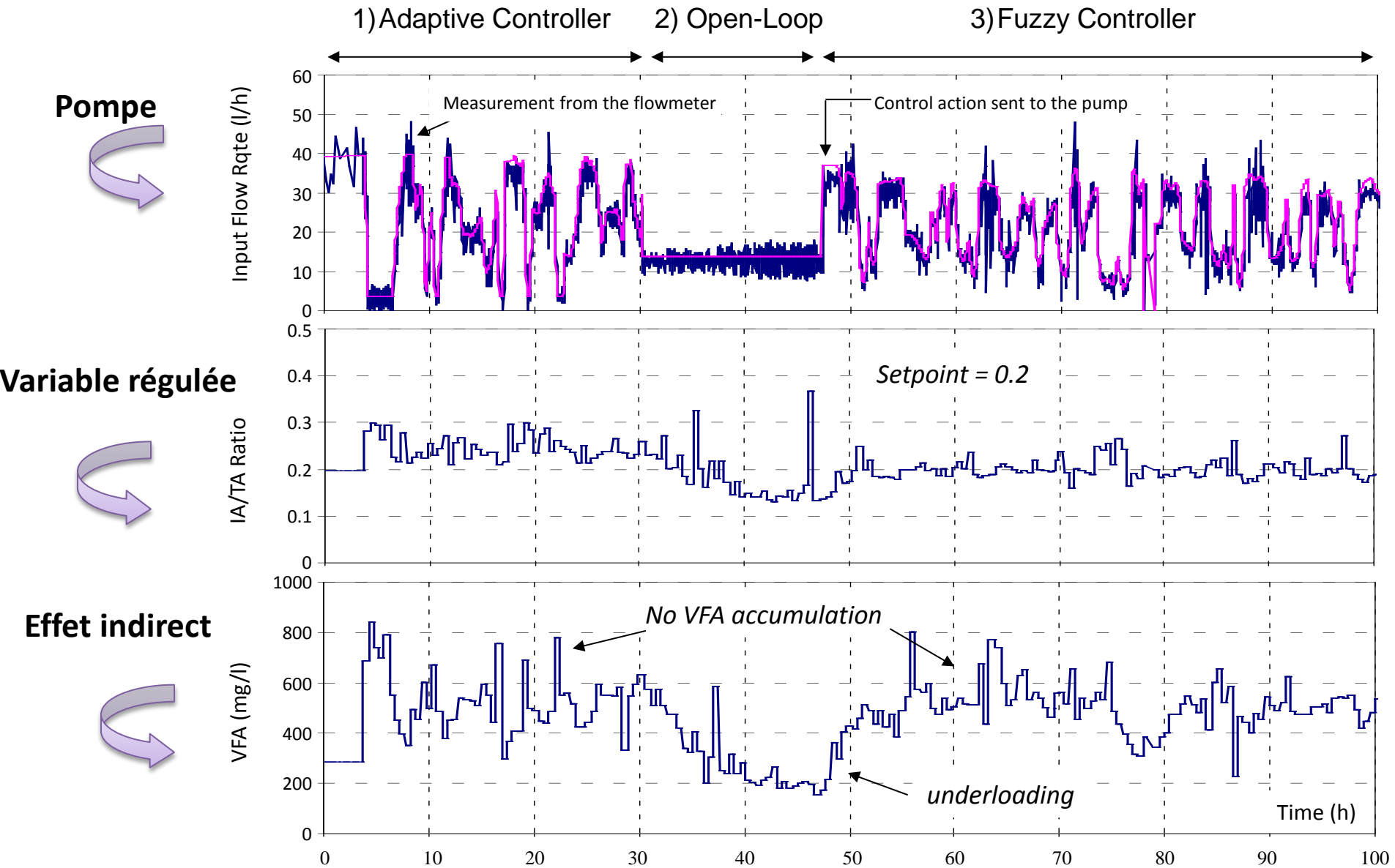
**Exemples de variable de contrôle:** Débit de méthane, DCO, AGV, ratio d'alcalinité

## Avantages

Réponse immédiate et adaptée.

Gain de performances et potentiellement réduction de la consommation de soude

Stabilisation de la sortie gaz (cogénération).



## Modéliser

Comprendre  
Prévoir

## Collecter

Centraliser  
Valider  
Archiver

## Afficher

Graphe des  
mesures en-ligne  
et labo  
Maintenance

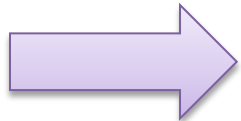
## Calculer

Estimation  
Diagnostic  
Modélisation

## Agir

Alarmes  
Aide à la décision  
Contrôle

Substrats



Opérateur



Capteurs

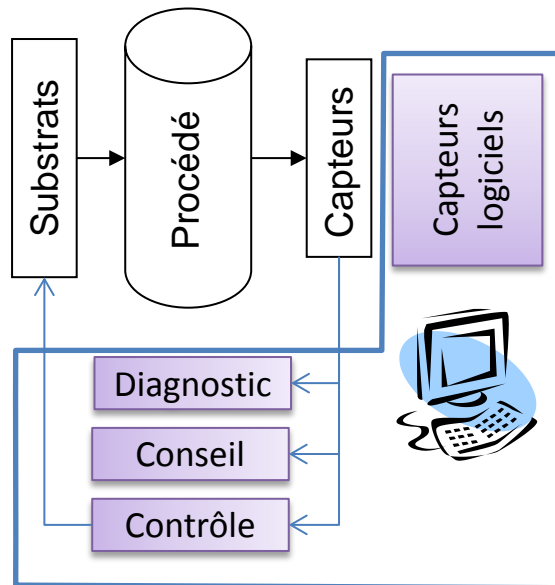


Prescriptions / Commandes



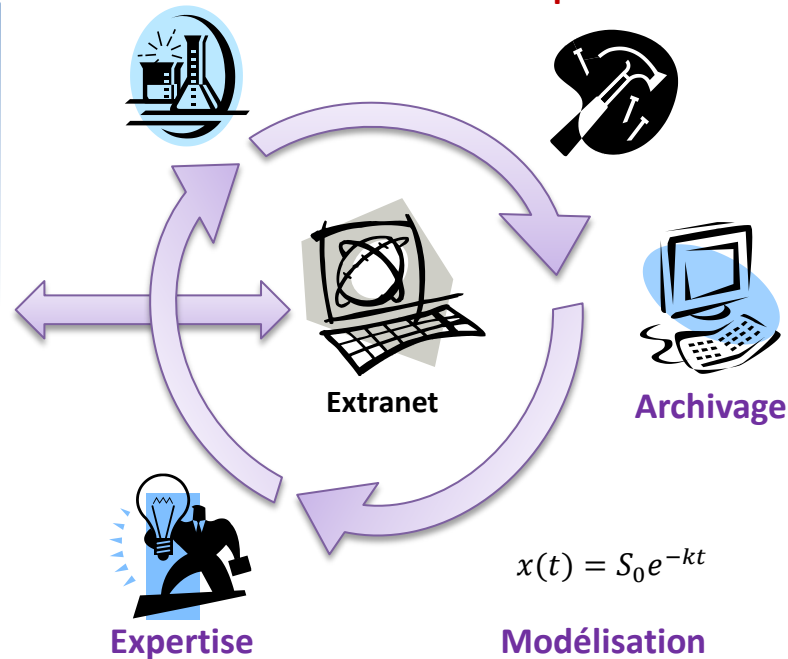
Unité Méthanisation

Interface client



Laboratoire

Opérateurs



Supervision locale

Télé-supervision

# Conclusion

---

## Atouts d'un système de supervision

### Court-terme:

Visibilité et Compréhension du comportement du procédé

Possibilité d'action

### Long terme

Moins de dysfonctionnements et des périodes de fonctionnement dégradé moins longues.

Meilleures performances de fonctionnement

**Meilleure rentabilité de l'unité.**

## Voir aussi plus loin

Outils de planification de l'unité, de bilans de fonctionnement

Eco-conception des unités de méthanisation: élargir le regard et réaliser une analyse intégrée: ACV

Ingénierie des systèmes  
d'information et modélisation  
des installations de méthanisation

Bureau d'Etudes sur la conception  
d'installation de méthanisation

Jérémie Miroux,

CEO

✉ [jeremie.miroux@bioentech.eu](mailto:jeremie.miroux@bioentech.eu)

📞 +33 (0)6 38 19 51 13

Laurent Lardon,

Recherche & Développements produits

✉ [laurent.lardon@bioentech.eu](mailto:laurent.lardon@bioentech.eu)

📞 +33 (0)7 81 47 60 99

**BioEnTech SAS au capital de 70 000 €**

**Pépinière d'entreprise INNOVEUM – 74 avenue Paul Sabatier, 11100 Narbonne**

**Pépinière d'entreprise EINSTEIN – 13 avenue Albert Einstein, 69100 Villeurbanne**