



➤ Séance 1 : Contaminants

10:30-11:20 - Séance 1 - Contaminants

- Introduction de la séance :
 - **Pathogènes sol et eau : P. Piveteau**
 - PFAS : A. Michaud
 - COV : *F. Binet (présentation T. Morvan)*
- animateurs : P. Benoit, A. Michaud

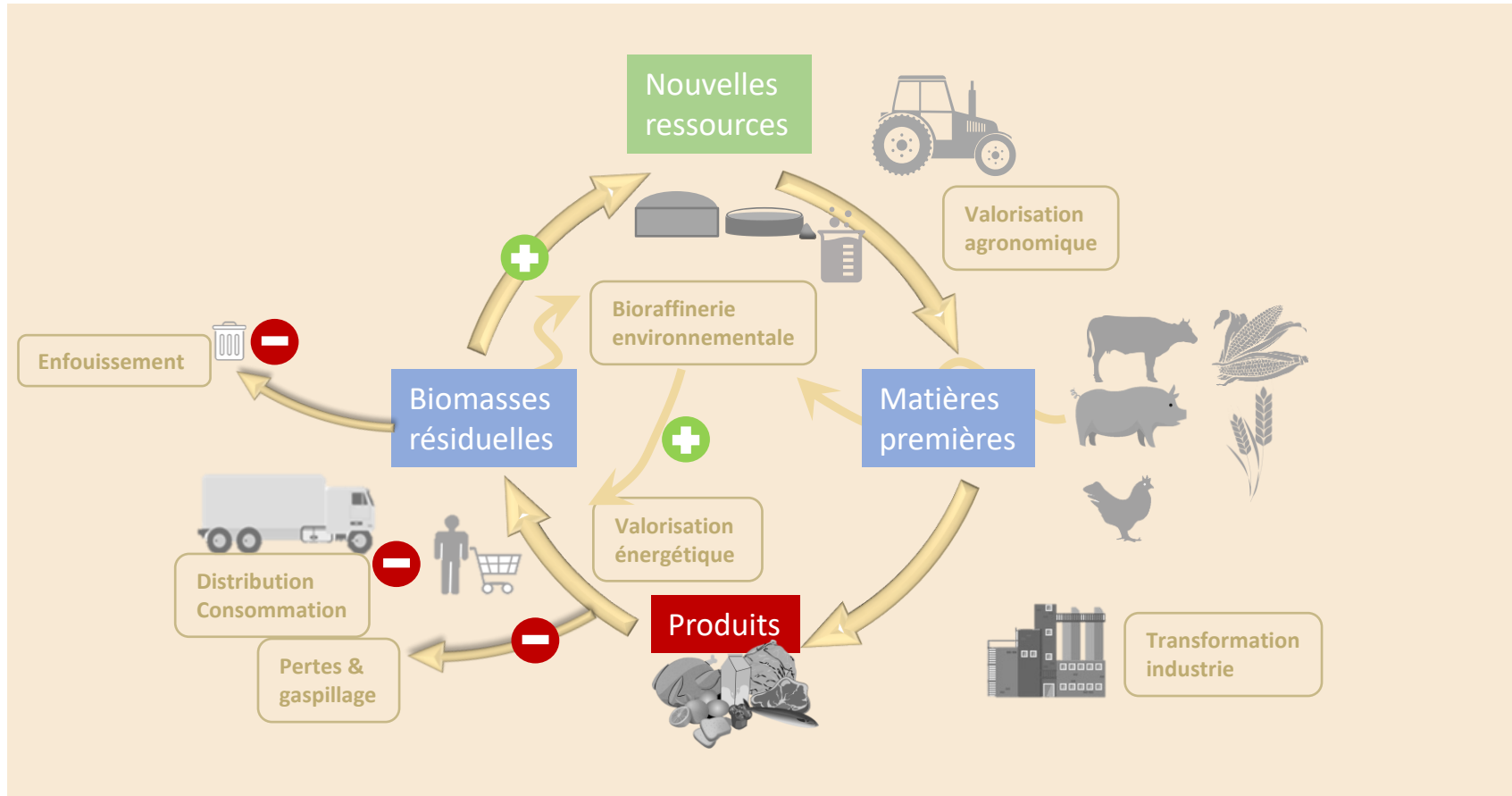


Journée EFELE du premier juillet 2026

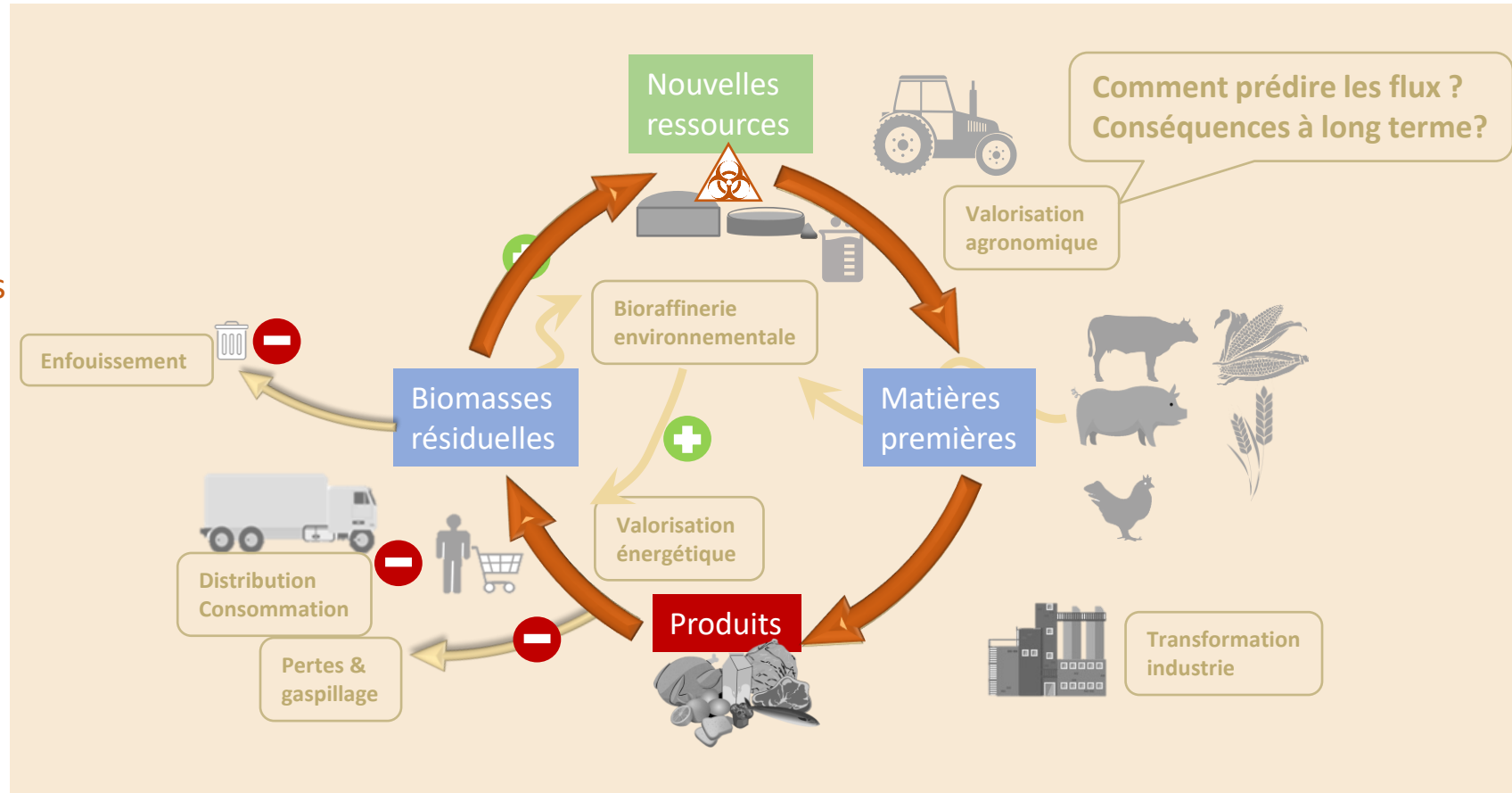
Pascal Piveteau

UR OPAALE, Rennes

Contaminants biologiques dans le nexus Agriculture, Agroalimentaire et environnement



Contaminants biologiques dans le nexus Agriculture, Agroalimentaire et environnement



- ✓ Bactéries pathogènes
- ✓ Virus
- ✓ Parasites
- ✓ Antibiorésistance

✓ Diversité de sites

- * Contexte édaphique

- * Intrants

✓ Durée des essais

- * Design expérimental

- * Effets “long-terme”

✓ Écologie des pathogènes dans les agroenvironnements

- Génomique comparative souches environnementales, cliniques et IAA
- Interactions pathogènes/microbiome et pathogène/holobionte

✓ Fertilisation organique et flux de pathogènes

✓ Fertilisation organique et transfert de l'antibiorésistance

✓ Fertilisation organique et qualité des services



**La durée en fait la valeur
évaluation des changements globaux**



➤ Séance 1 : Contaminants

10:30-11:20 - Séance 1 - Contaminants

- Introduction de la séance :
 - Pathogènes sol et eau : P. Piveteau
 - **PFAS : A. Michaud**
 - COV : *F. Binet (présentation T. Morvan)*
- Animateurs : P. Benoit, A. Michaud

Risques liés aux composés émergents perfluorés en contexte agricole ?

Aurélia Michaud, INRAE Rennes UMR SAS

Journée EFELE – 01/07/2026



Photo : AM

Les PFAS ?

Précurseurs (ex. Fluorotelomer alcohols and perfluoroalkyl phosphate esters, perfluoroalkyl sulfonamides)

dégradés en molécules plus ou moins courtes / mobiles / récalitrantes

(ex. perfluoroalkyl carboxylic acids - PFCAs, perfluorosulfonic acids - PFSAs)

... jusqu'à des formes courtes (ultra) persistantes

(ex. PFBA, PFHxA, PFPeA; trifluoroacetate = TFA)

→ **Co-existence dans l'environnement :**

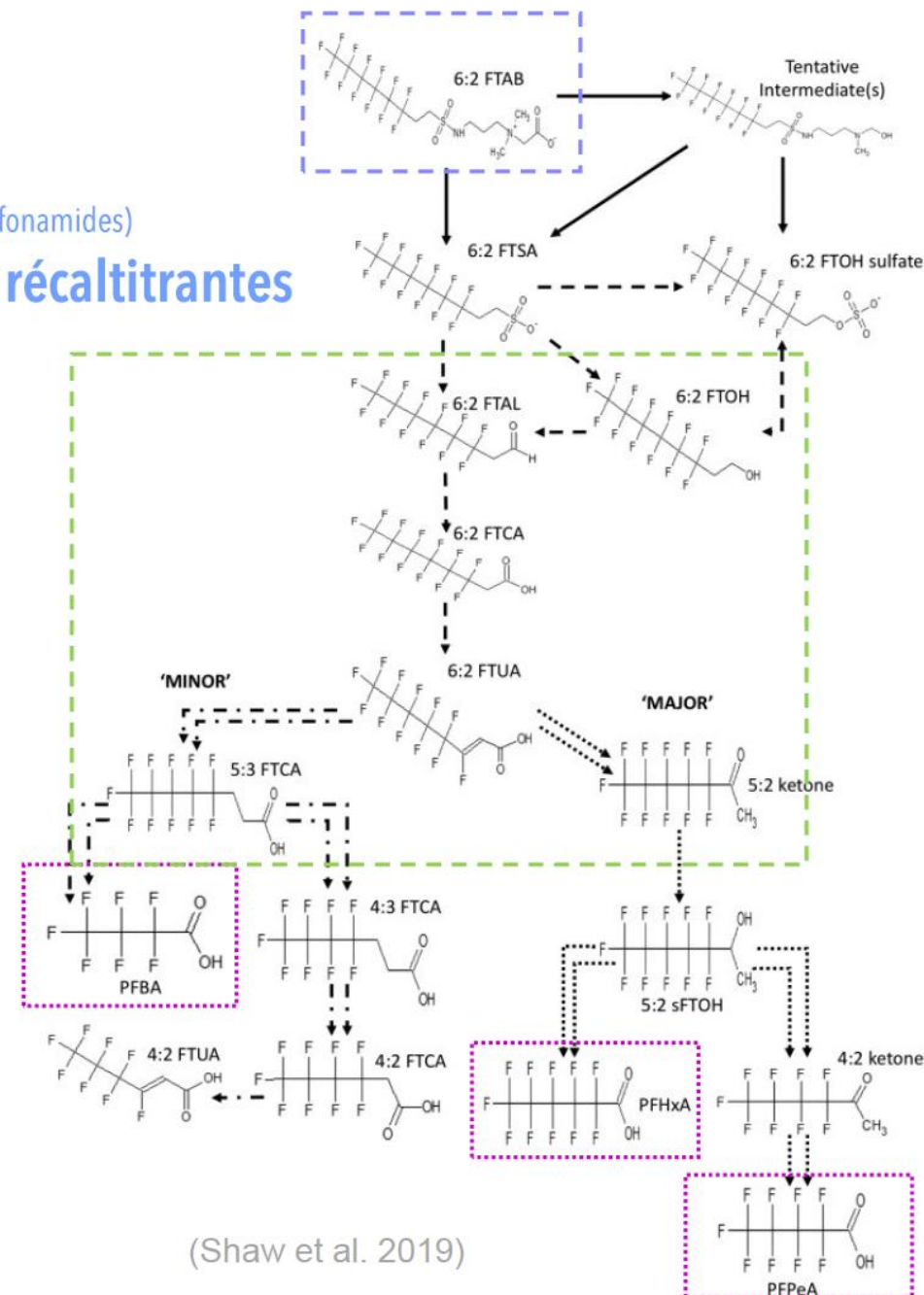
Précurseurs (ex. 6:2 FTAB)

Intermédiaires

Produits de dégradation

(Gikka et al, 2023)

**Liaison C-F très stable
chimiquement et thermiquement**



INRAE

Les PFAS ?

Plus de 200 types d'usages

Fortement utilisés depuis les années 50

(⇔ propriétés, diversité et stabilité de la liaison CF)

Industriel :

Mousses ignifuges

Certains agents nettoyants

Peintures, revêtements ou vernis

Composants de produits électroniques ou photovoltaïques, piles, appareils ou certaines fournitures médicales

Vie du quotidien :

Revêtements antiadhésifs des emballages alimentaires

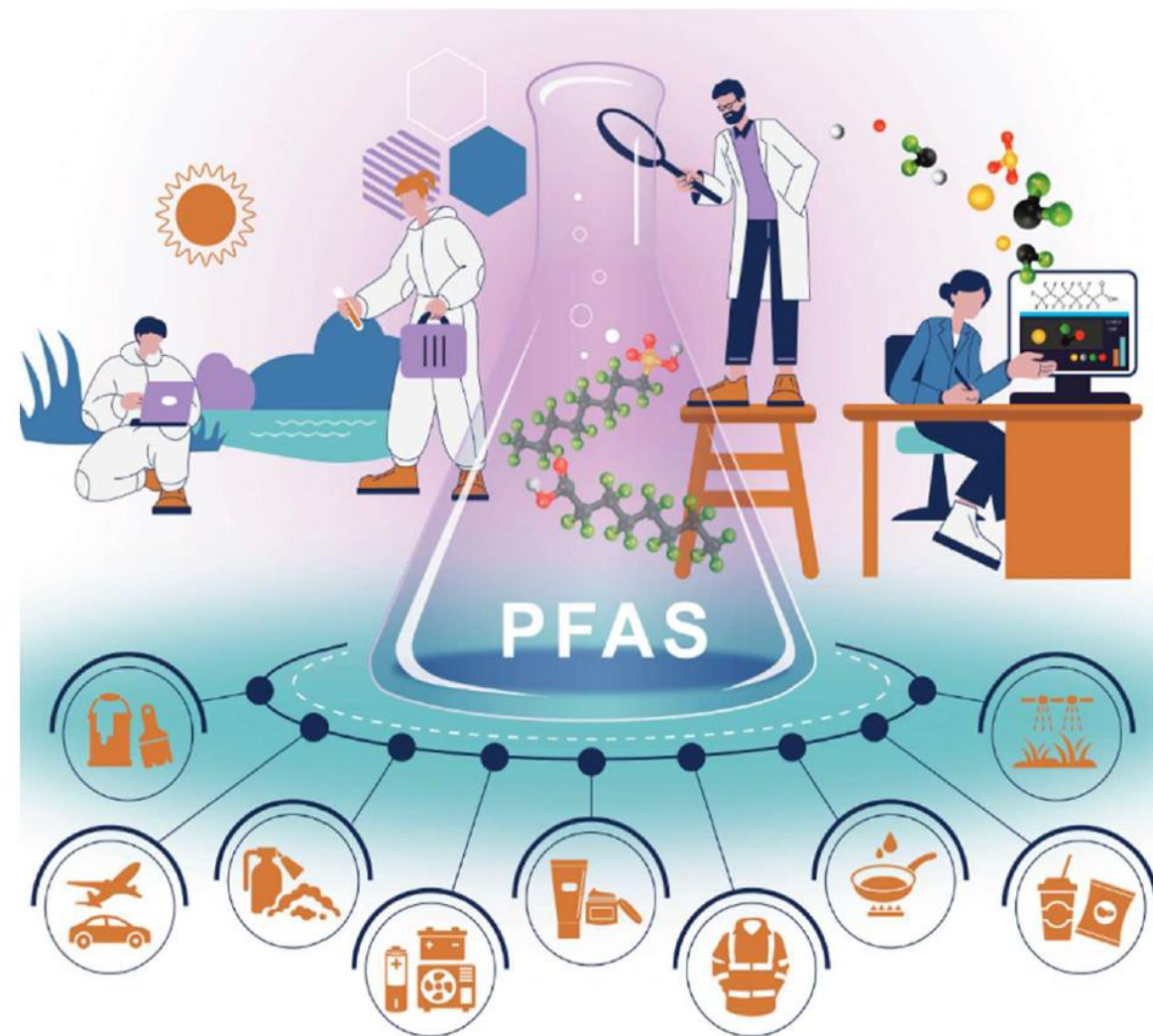
Contenants antiadhésifs de cuisson (ex. : TeflonMD)

Produits imperméabilisants, retardateurs de flamme ou antitaches de textiles (ex. : Gore-TexMD, ScotchgardMD)

Cosmétiques et produits de soins personnels

Utilisation médicale du fluor : médicaments, dispositifs médicaux et imagerie

Utilisation agricole : pesticides (ex. flufénacet, diflufénicat, fluopyram)



<https://www.academie-sciences.fr/sites/default/files/2025-03/rapport%20PFAS-250325.pdf>

p. 3

A. Etude Bretagne « Evaluation prospective de l'occurrence et de la dynamique des PFAS en région de poly-cultures élevages »

Porteur : INRAE SAS Rennes (A Michaud)

2025-2030

Financements

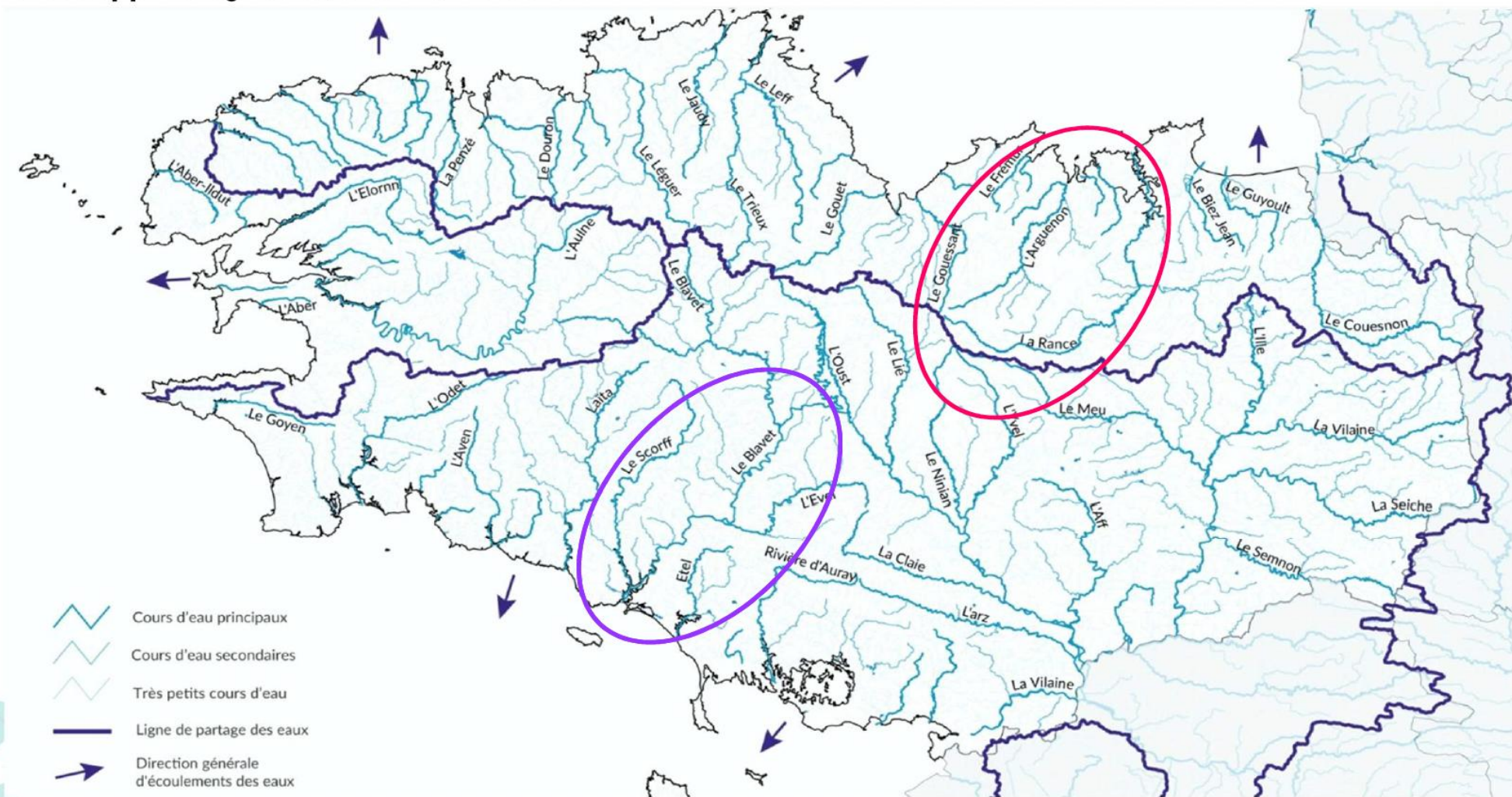
- Agence de l'eau Loire-Bretagne
- 3 collectivités gestionnaires production eau potable
- Projet Agence nationale de la Recherche « FluorAgro »

Partenaires :

- INRAE SAS
- CNRS EcoBio
- Syndicat local « Blavet Terres & Eaux »
- CRESEB 'Centre de ressources et d'expertise scientifique sur l'eau de Bretagne'
- Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec ; Ministère Environnement du Québec
- **Terrain** : éleveurs porcins, bovins ; lycée agricole ; Fédération de pêche ; INRAE Scorff

A. Suivis de rivières et d'estuaire → profils et niveaux contamination

Diversité sources apports agricoles, urbains, industriels...

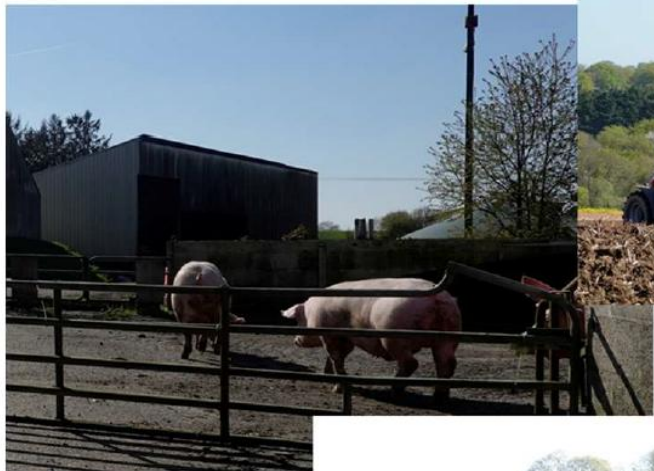


p. 5



A. Suivis en parcelles agricoles → profils et niveaux contamination

- Elevages
- Cultures
- Pratiques
 - Représentatifs zones étudiées



Photos : AM



B. ANR FluorAgro

Porteur : INRAE EMMAH (E Michel) et INRAE SAS Rennes (A Michaud)

Partenaires nationaux : INRAE Rennes, Avignon, Paris-Saclay, Narbonne ; CIRAD

Partenaires internationaux : Min. Env. Québec, Univ. Montréal

Etude des processus de transfert sol-eau et sol-cultures

Bassins versants

(Observatoire + exutoires, captages eau potable) :

Bretagne avec implication des acteurs de la gestion de l'eau



Parcelles agricoles

(Observatoire + agriculteurs) :
Bretagne, Alsace, Ile de France,
Poitou



Conditions contrôlées

Fractionnement PRO et sols
Processus transfert sol-plante et sol-eau



INRAE

C. EFELE ?

Traitements : DIG LP brut et DIG solide

Suivis :

- eau lixiviation x [reprise drainage + mi drainage + fin drainage]
= $3 \times 2 \times 2 = 12$ échantillons
- sols 0-30, 30-60 et 60-90 x 3 répétitions
= $3 \times 3 \times 2 = 18$ échantillons
- Cultures stade récolte
= $3 \times 2 = 6$ échantillons

Analyses : Physico-chimie eau ; PFAS

→ Mise en commun avec sites ANR FLuorAgro

Budget : ANR SAS / appel offre interne



➤ Séance 1 : Contaminants

10:30-11:20 - Séance 1 - Contaminants

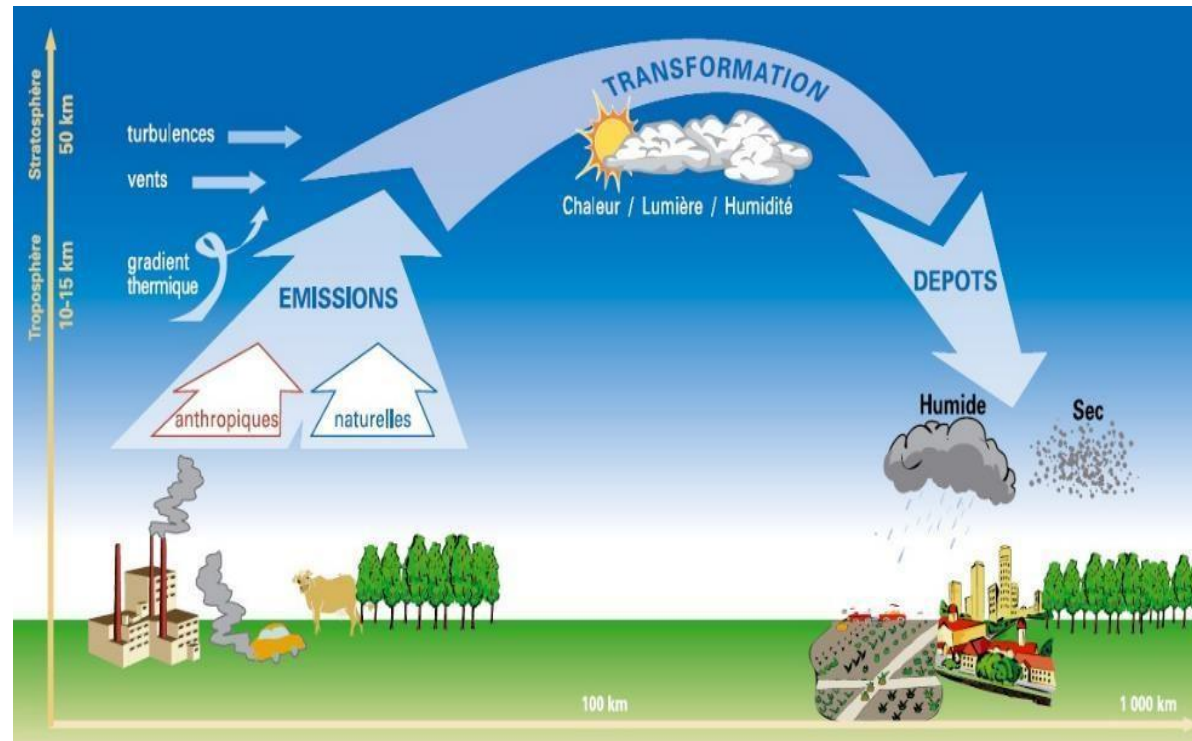
- Introduction de la séance :
 - Pathogènes sol et eau : P. Piveteau
 - PFAS : A. Michaud
 - **COV : F. Binet (présentation T. Morvan)**
- Animateurs : P. Benoit, A. Michaud



➤ Portage d'un projet de structuration d'un collectif
interdisciplinaire de recherche sur les émissions gaz et particules et la
qualité de l'air sur le site rennais



**F. Binet, N. Cimetière,
V. Dubreuil & Coll.**



L' AIR, compartiment clé des interfaces ENVIRONNEMENT- AGRICULTURE – SANTE
au cœur des rétroactions Biodiversité-Climat en lien avec les activités du secteur
agricole et l'urbanisation

2. Objectif : Documenter les interactions biodiversité x qualité de l'air

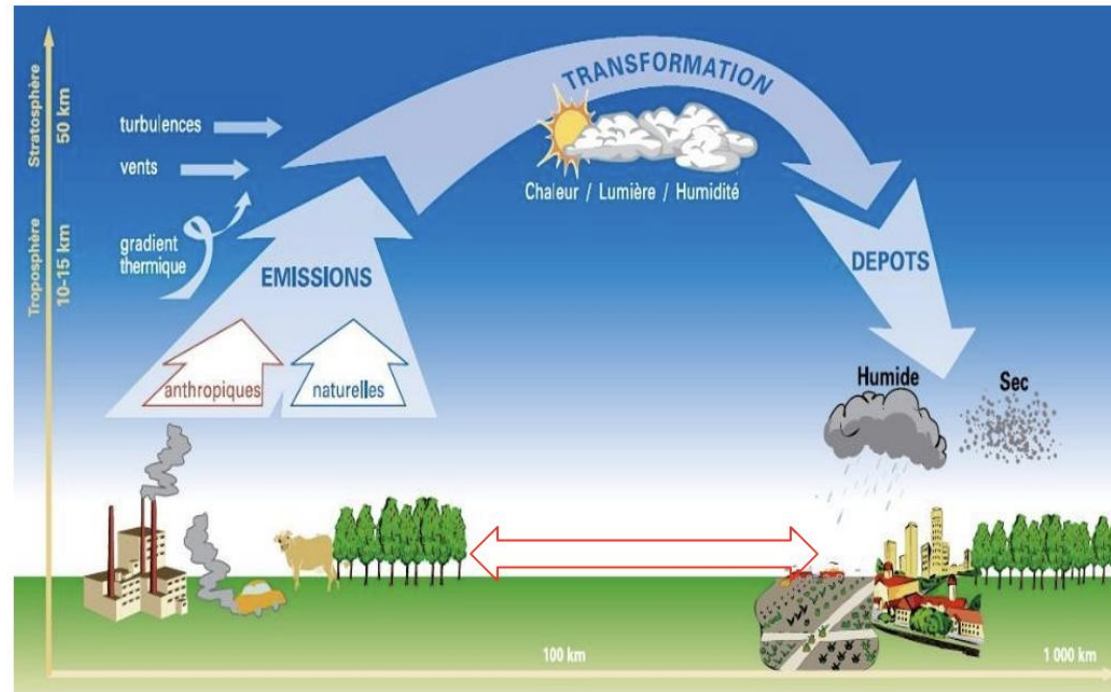
Constat :

compartiment AIR insuffisamment étudié en regard des enjeux climatiques actuels et des enjeux environnementaux et sanitaires croissants en lien avec qualité AIR

Comprendre les actions et rétroactions entre la biodiversité et l'atmosphère basse

=> lien biodiv x climat

=> lien biodiv x santé



exp'AIR

Expair, un pôle regroupant divers Outils et Savoir-faire Halle Buffon OSEREN

- Rôle de la biodiversité dans les **émissions** de gaz **GES** et de **bioaérosols**
- **Réactivité** des gaz et particules et incidences climatiques
- **Réponses et adaptation** de la biodiversité, incidences écologiques et évolutives
- **Trajectoires des écosystèmes** : résilience . tipping point

3. Ecosystèmes et contextes d'intérêt - flux ciblés



Les écosystèmes et/ou contextes d'intérêts

Ecosystèmes de zones humides : tourbières, bord de Seine, prairies

Ecosystèmes de landes : eutrophisation par les dépôts atmosphériques

Ecosystèmes anthropisés : paysages agricoles , agroécosystèmes

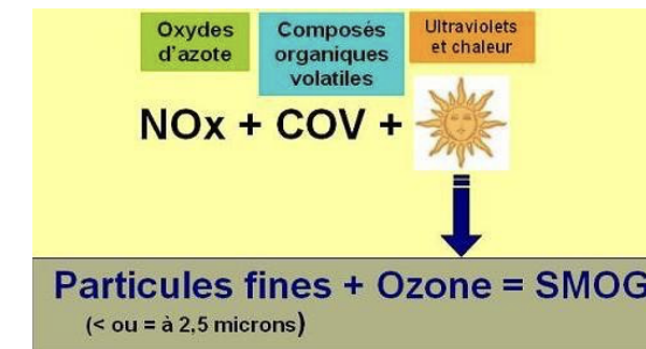
Ecosystèmes urbains et renaturation en ville: gestion des sols et des surfaces ; interconnexion rural-urbain

Instrumentation – Métrologie



Les flux et échanges sol-air majeurs ciblés

- CO_2 , CH_4 , bCOVs , NH_3 , N_2O
- Les particules fines < $\text{PM}_{2,5}$ et très fines < PM_1 dont les bioaérosols (virus, bactéries,..)
- Les particules secondaires (réactivité avec O_3)
- Les COVs et aérosols anthropiques : pesticides et HAP
- Les dépôts d'azote : nitrate-ammonium

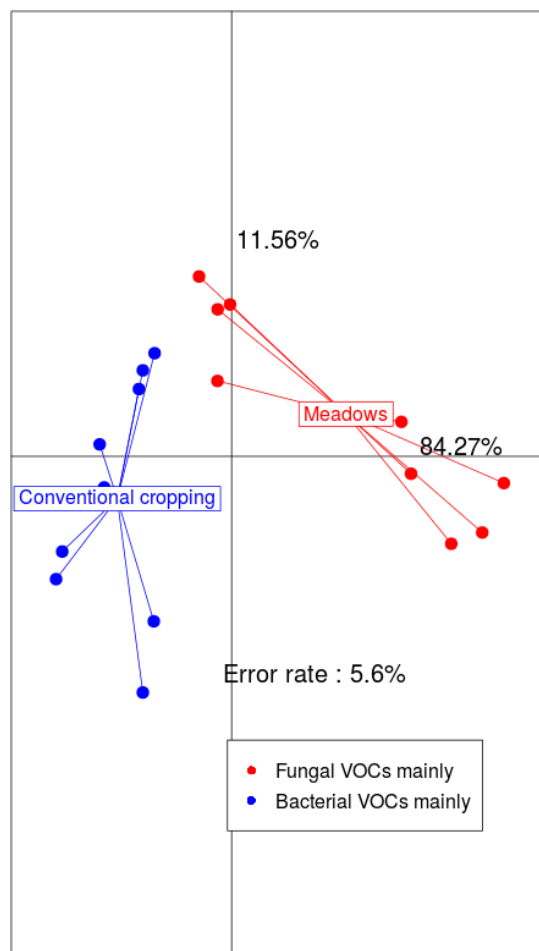


Travaux pionniers sur le site EFELE (réponses des COVs aux apports de PROs) et Zone atelier Armorique (les COVs en prairie)

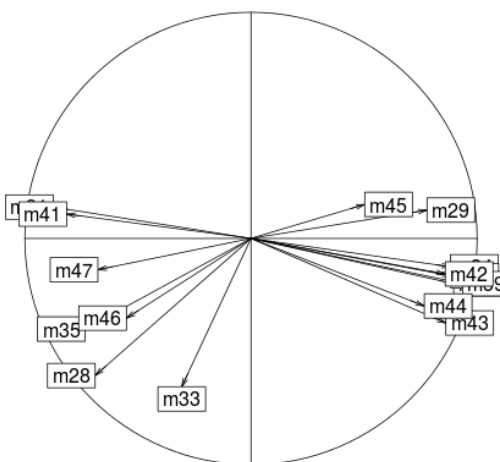
Thèse Kévin Potard, 2014-2017 , financé par ADEME



PTR-MS



Projection du modèle de PLS-DA à deux groupes sur le plan factoriel 1-2

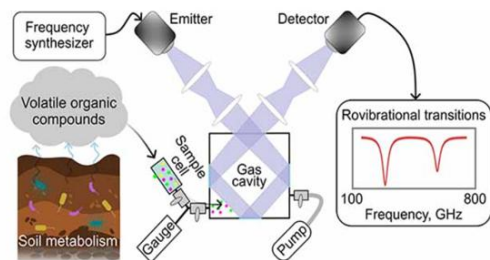
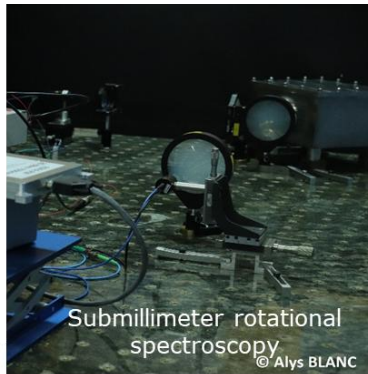


- Les COVs discriminants des **prairies** sont :
 - 2-Butanone
 - **Acetaldehyde**
 - **Acetonitrile**
 - Dimethylsulfide
 - Carbon disulfide
 - Propane
 - **Champignons**
- Les COVs discriminants des **sols cultivés** sont :
 - 2,5-dimethylpyrazine
 - Acide Formique
 - Methanol
 - **Bactéries**

Relation COVs – Microorganismes s'appuie sur BDD mVOCs (Lemfack et al (2014))

Projets COVS en cours -- > 3 axes :

1- Analyse des COVs :
Indicateurs du
métabolisme microbien
du sol
Développement d'un
nouvel instrument dédié
aux **COVs polaires**



2- Emissions de COVs lors de la **décomposition de MO** : cas du compostage de biodéchets
Projet AIRCOMIC

Thèse de M. Toutain (2024-2027)



3- Emission de COVs lors de
la biodégradation des Micro-
Plastics

➤ Autre projet pouvant impliquer EFELE : l'écologie des microbiomes

- **Projet CNRS DYNAERO 2021-2022 --**
 - > impacts sanitaires de l'émission de bioaérosols par les sols agricoles et urbains,
- Mise au point d'un **banc d'aérosolisation**
 - 1ers essais ont été menés sur EFELE.
- Echantillonnage de particules et des microorganismes aérosolisés avec analyses métabarcoding de l'ADN contenu dans les particules collectées.
- Version 4 désormais opérationnelle, et accessible à tous

Banc d'aérosolisation

Etude des mécanismes d'aérosolisation en fonction des conditions abiotiques et climatiques du sol



Tunnel d'aérosolisation



■ Biocollecteur cyclonique (300 L/min)

■ Taille des particules : 0,5 à 20 µm

