

EXPOSOMIAI

Exposome, Intelligence Artificielle et Innovations

Pascal Petit

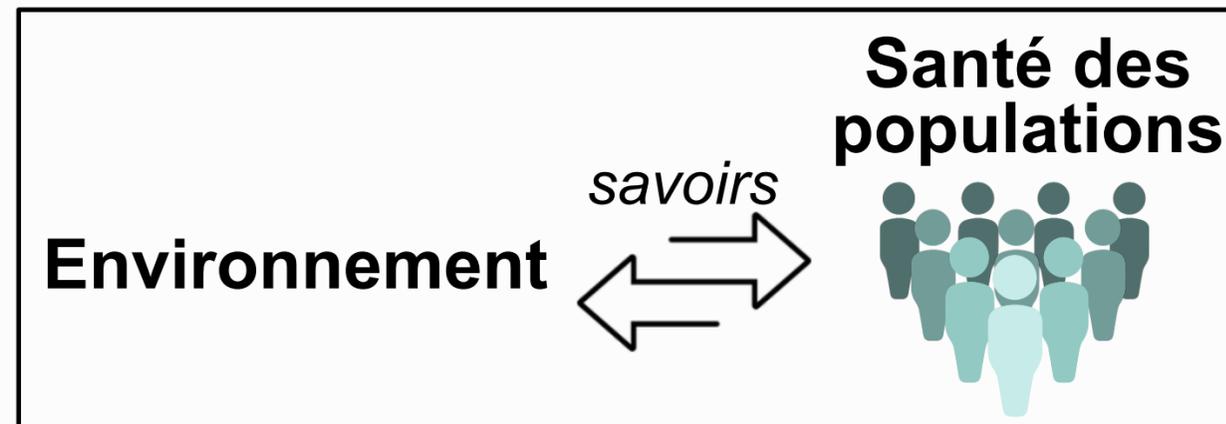
Chercheur contractuel (postdoc) en Santé publique numérique



Impact de l'environnement sur la santé



Génétique \approx 10-30% des maladies

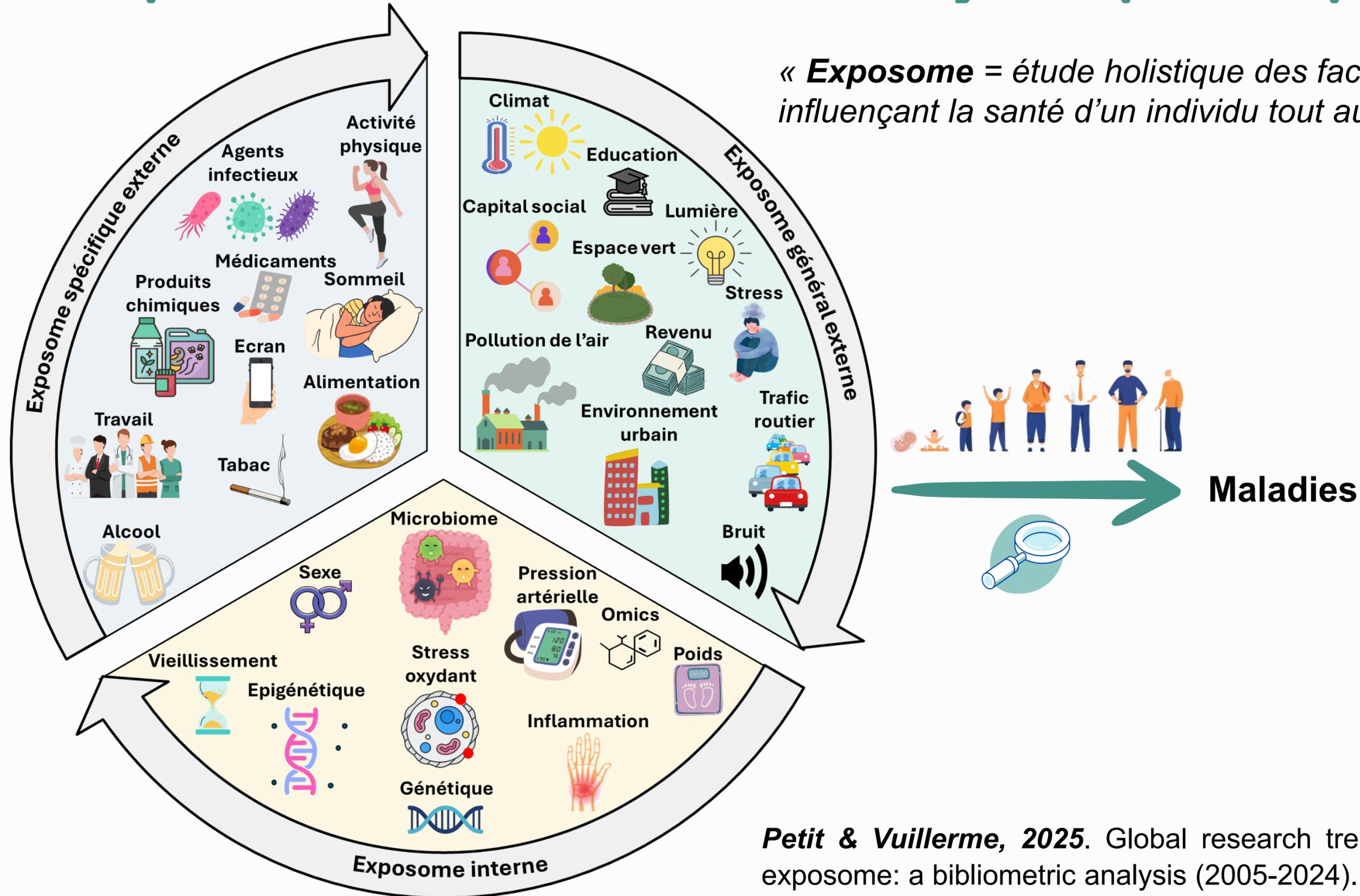


PREVENTION



Exposome : une contribution majeure pour la prévention

« **Exposome** = étude holistique des facteurs non génétiques influençant la santé d'un individu tout au long de sa vie »



Petit & Vuillerme, 2025. Global research trends on the human exposome: a bibliometric analysis (2005-2024).

Exposome : besoins et défis

Besoins

- Intégrer expositions multiples



Professionnel



Numérique



Senior



Climat

Défis

- Périmètre historique restreint



Barouki & Lévi, 2024. Rapport 24–02. L'exposome, une contribution majeure pour la prévention. *Académie Nationale de Médecine*
Chaperon et al. 2024. L'IA: synthèse des connaissances et perspectives pour la santé environnementale à Santé publique France.
Petit & Vuillerme, 2025. Global research trends on the human exposome: a bibliometric analysis (2005-2024).

Exposome : besoins et défis

Besoins

- Intégrer expositions multiples
- Exploiter multiples sources données

Données primaires



Données secondaires



Défis

- Périmètre historique restreint
- Données complexes, hétérogènes, non FAIR



Barouki & Lévi, 2024. Rapport 24–02. L'exposome, une contribution majeure pour la prévention. *Académie Nationale de Médecine*
Chaperon et al. 2024. L'IA: synthèse des connaissances et perspectives pour la santé environnementale à Santé publique France.
Petit & Vuillerme, 2025. Global research trends on the human exposome: a bibliometric analysis (2005-2024).

Exposome : besoins et défis

Besoins

- Intégrer expositions multiples
- Exploiter multiples sources données
- Appliquer approches analyses avancées

Défis

- Périmètre historique restreint
- Données complexes, hétérogènes, non FAIR
- Science des données peu appliquée

Barouki & Lévi, 2024. Rapport 24–02. L'exposome, une contribution majeure pour la prévention. *Académie Nationale de Médecine*
Chaperon et al. 2024. L'IA: synthèse des connaissances et perspectives pour la santé environnementale à Santé publique France.
Petit & Vuillerme, 2025. Global research trends on the human exposome: a bibliometric analysis (2005-2024).

Exposome : besoins et défis

Besoins

- Intégrer expositions multiples
- Exploiter multiples sources données
- Appliquer approches analyses avancées
- Accéder données individuelles

Défis

- Périmètre historique restreint
- Données complexes, hétérogènes, non FAIR
- Science des données peu appliquée
- Éthique : respect RGPD, IA Act

Barouki & Lévi, 2024. Rapport 24–02. L'exposome, une contribution majeure pour la prévention. *Académie Nationale de Médecine*
Chaperon et al. 2024. L'IA: synthèse des connaissances et perspectives pour la santé environnementale à Santé publique France.
Petit & Vuillerme, 2025. Global research trends on the human exposome: a bibliometric analysis (2005-2024).

Exposome : besoins et défis

Besoins

- Intégrer expositions multiples
- Exploiter multiples sources données
- Appliquer approches analyses avancées
- Accéder données individuelles
- Adopter approche frugale

Défis

- Périmètre historique restreint
- Données complexes, hétérogènes, non FAIR
- Science des données peu appliquée
- Éthique : respect RGPD, IA Act
- Minimiser impact écologique

Barouki & Lévi, 2024. Rapport 24–02. L'exposome, une contribution majeure pour la prévention. *Académie Nationale de Médecine*
Chaperon et al. 2024. L'IA: synthèse des connaissances et perspectives pour la santé environnementale à Santé publique France.
Petit & Vuillerme, 2025. Global research trends on the human exposome: a bibliometric analysis (2005-2024).

Exposome : besoins et défis

Besoins

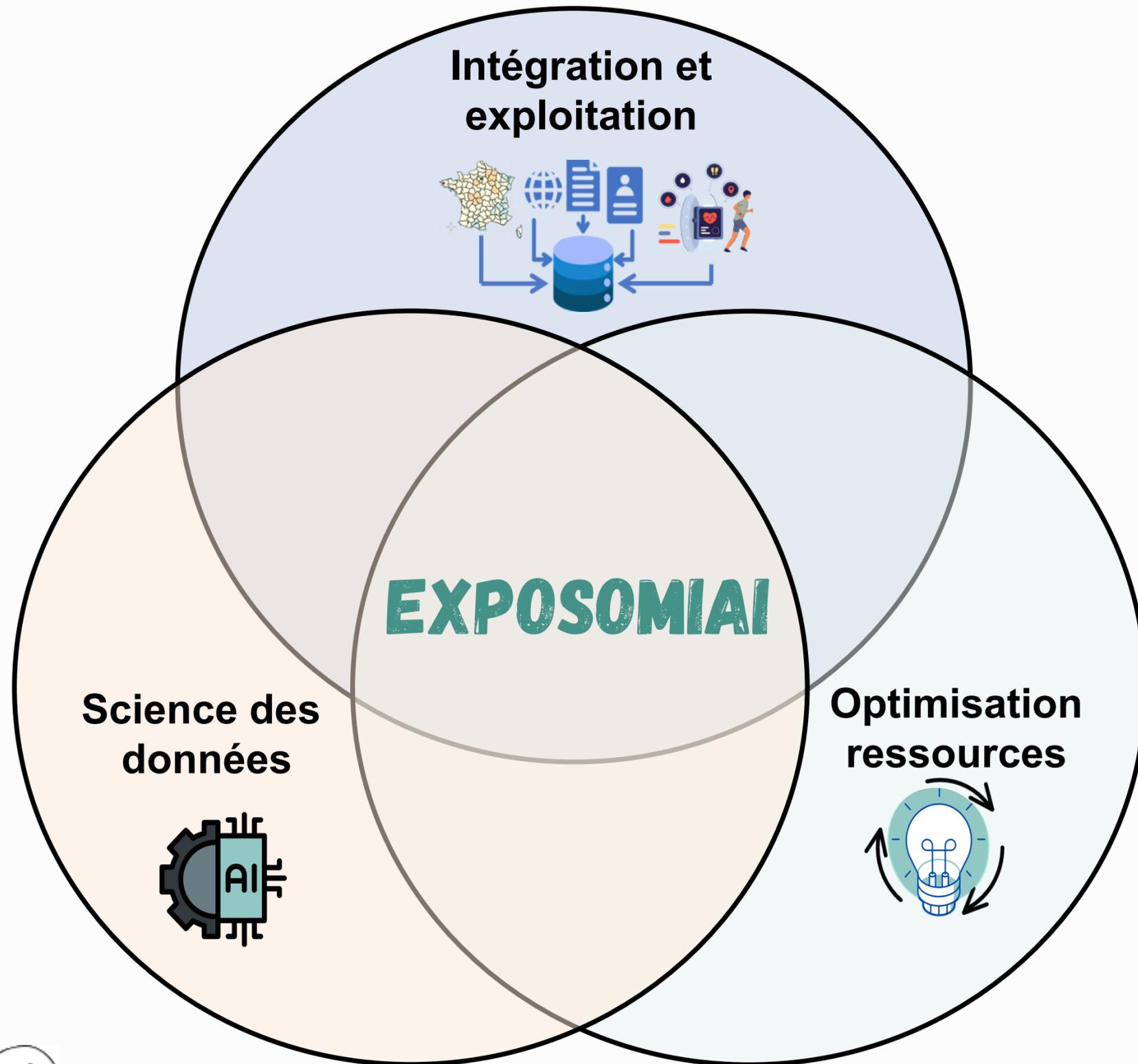
- Intégrer expositions multiples
- Exploiter multiples sources données
- Appliquer approches analyses avancées
- Accéder données individuelles
- Adopter approche frugale
- Transformer connaissances en actions

Défis

- Périmètre historique restreint
- Données complexes, hétérogènes, non FAIR
- Science des données peu appliquée
- Éthique : respect RGPD, IA Act
- Minimiser impact écologique
- Intégration dans pratique clinique + sensibilisation public

Barouki & Lévi, 2024. Rapport 24–02. L'exposome, une contribution majeure pour la prévention. *Académie Nationale de Médecine*
Chaperon et al. 2024. L'IA: synthèse des connaissances et perspectives pour la santé environnementale à Santé publique France.
Petit & Vuillerme, 2025. Global research trends on the human exposome: a bibliometric analysis (2005-2024).

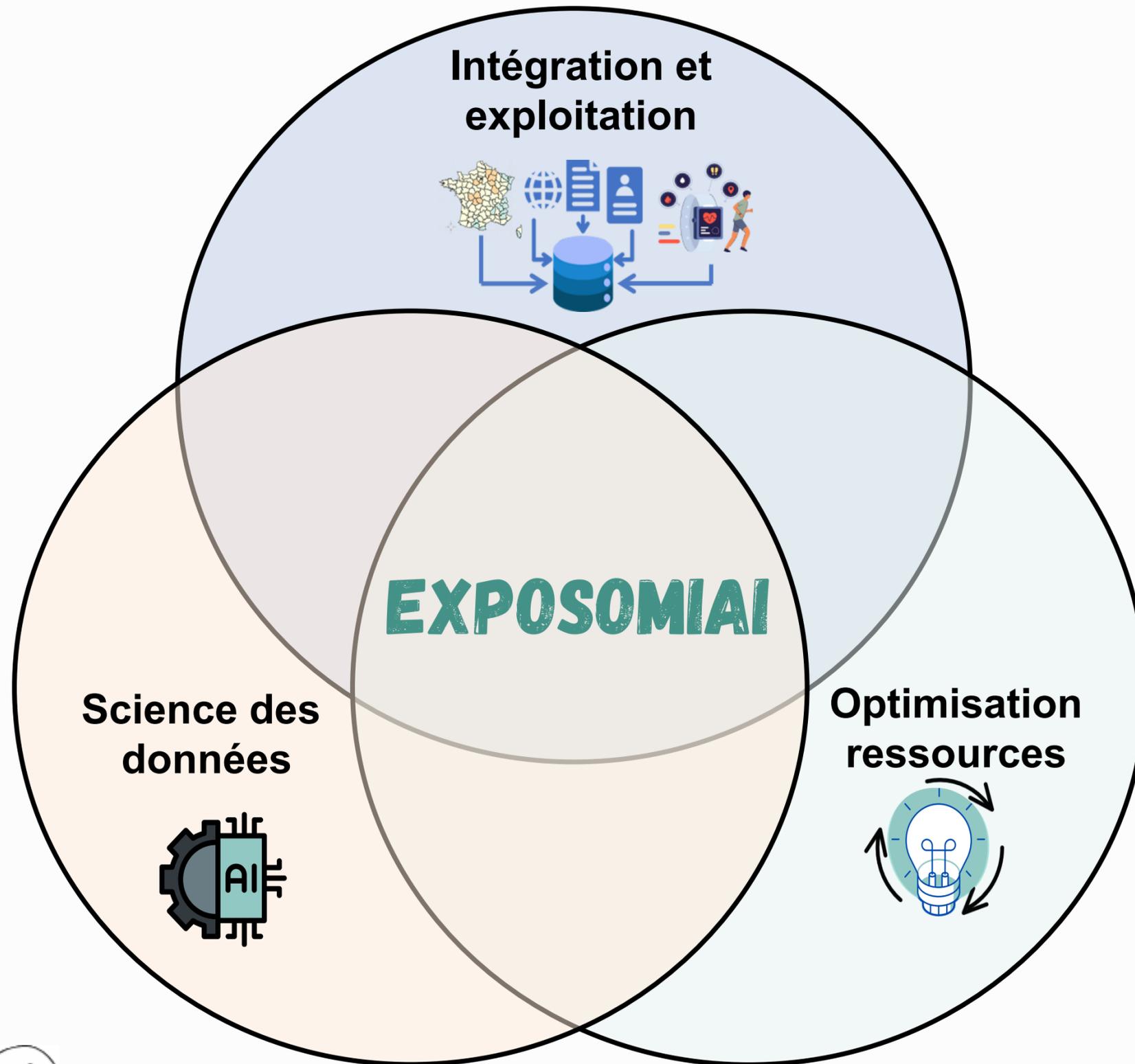
EXPOSOMIAI : Prévenir les maladies et promouvoir la santé



Recherche interdisciplinaire, frugale, reproductible, généralisable, centrée sur l'humain



EXPOSOMIAI : Prévenir les maladies et promouvoir la santé



Axe 1

Identification de prédicteurs exposomiques de maladies

Axe 2

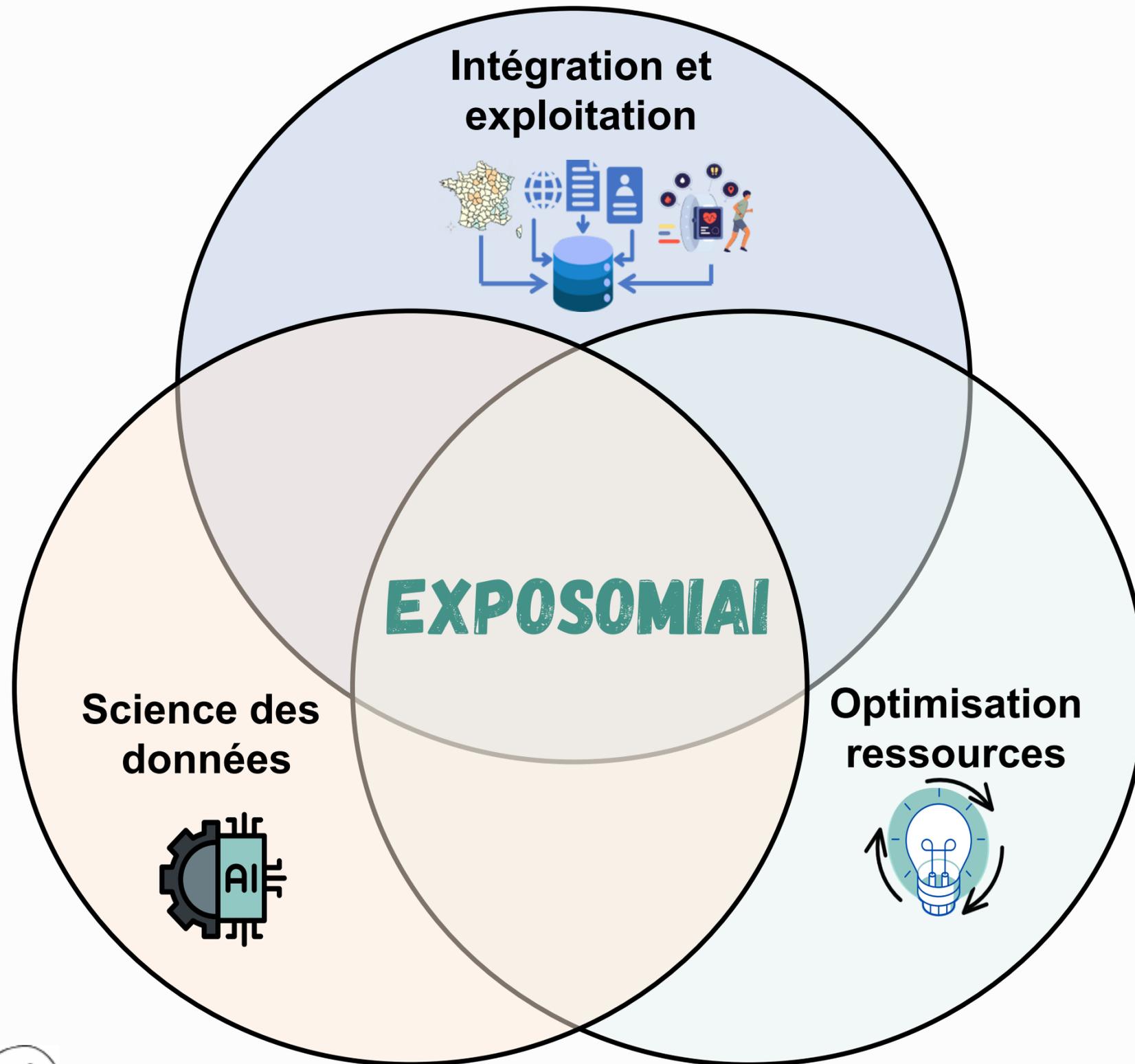
Rendre le concept d'exposome plus opérationnel



Recherche interdisciplinaire, frugale, reproductible, généralisable, centrée sur l'humain



EXPOSOMIAI : Prévenir les maladies et promouvoir la santé



Axe 1

Identification de prédicteurs exposomiques de maladies

Axe 2

Rendre le concept d'exposome plus opérationnel



Recherche interdisciplinaire, frugale, reproductible, généralisable, centrée sur l'humain



Axe 1 : Quels sont les prédicteurs exposomiques de maladies ?

Intégration et exploitation



Réutilisation données

- obtention données
- respect RGPD
- basée sur les savoirs → frugalité

1. Pré-traitement des données

Sélection et extraction

Socio-démographie

Usage des écrans

Médicaments

Examens

*Intégration,
nettoyage et
harmonisation*



tableau final

ID	Age	Sexe	Métier	ALD	...

(ex. : MSA, SNDS, pollutions environnementales, INSEE, etc.)

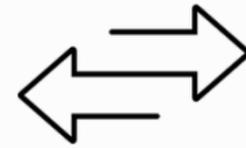
2. Définition des cas

ID	ALD	Médicament	Outcome
ID1	F02	Levodopa	malade
ID2		Doliprane	non malade
	G20	Rasagiline	malade
...
IDn	C50		non malade

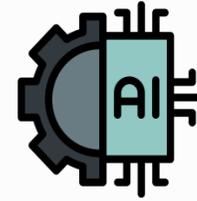
via algorithmes validés (ex. : REDSIAM)

Axe 1 : Quels sont les prédicteurs exposomiques de maladies ?

Intégration et exploitation



Application

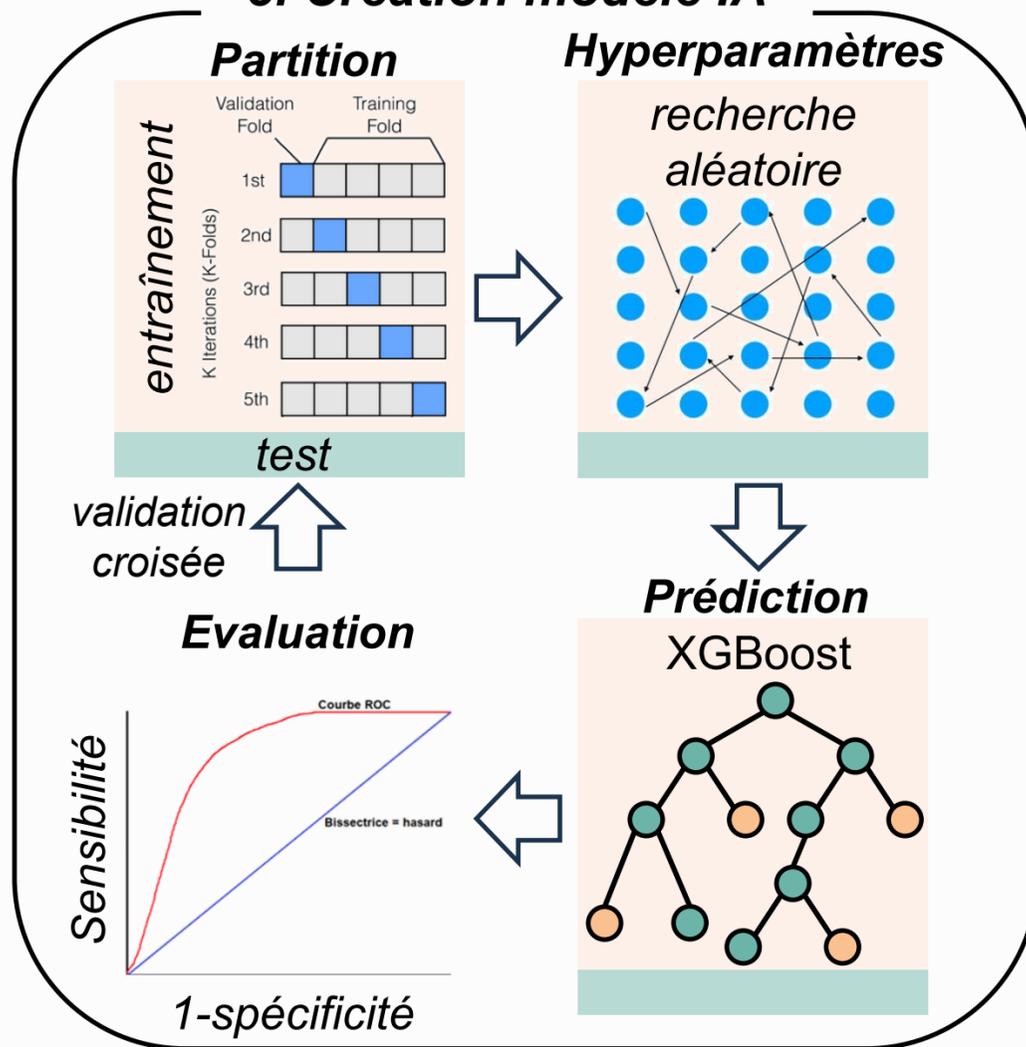


explicable et frugale

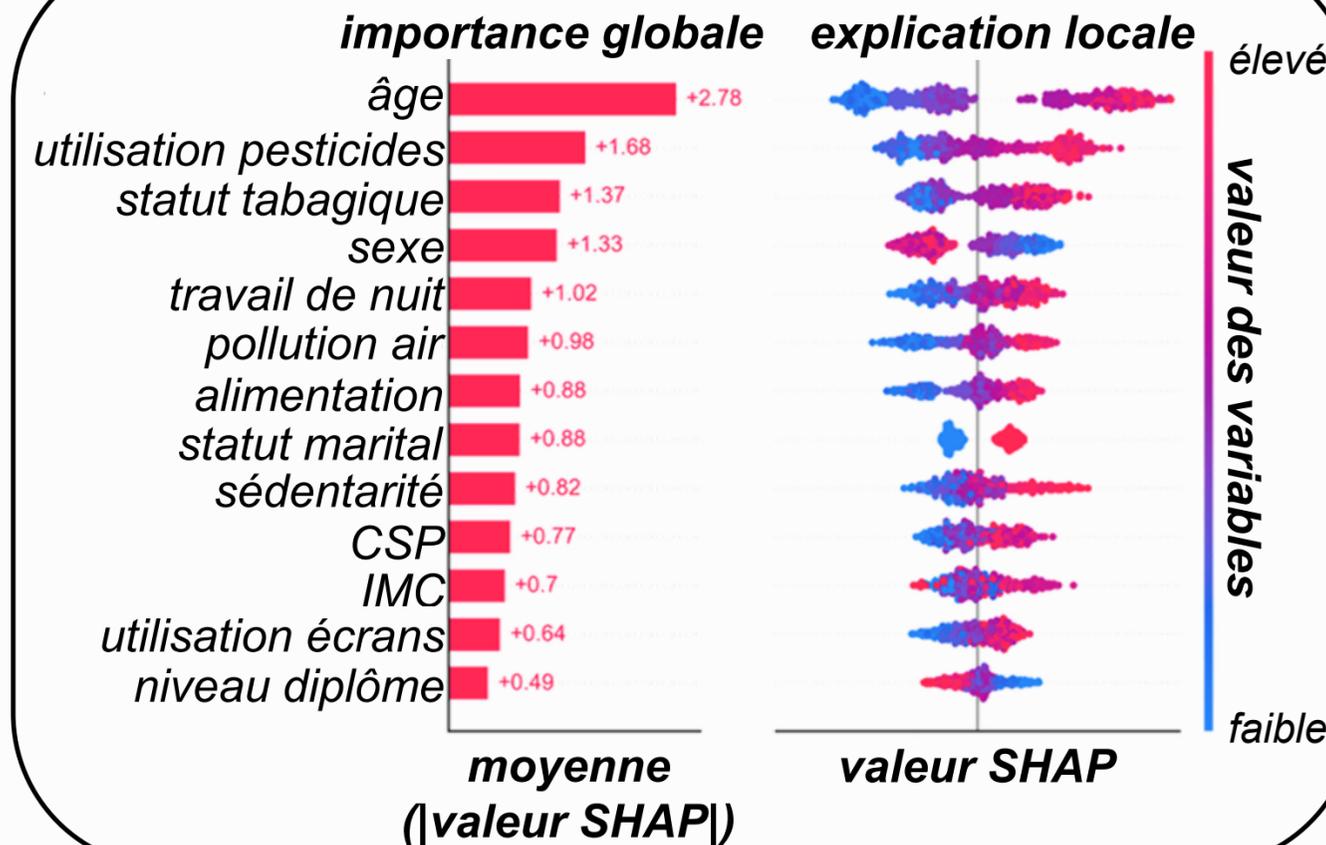
Apprentissage automatique : XGBoost

Transparence et explicabilité : SHAP

3. Création modèle IA



4. Interprétation



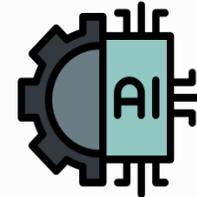
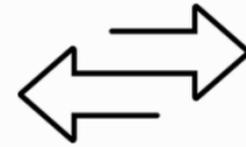
Reproductible, automatisée, frugale et généralisable

Axe 1 : Quels sont les prédicteurs exposomiques de maladies ?

Intégration et exploitation



Application



explicable et frugale



Déterminants exposomiques de santé

Production de savoirs

- Identification de facteurs de risque modifiables
- Génération d'hypothèses → études complémentaires
- Populations vulnérables
- Prévention de précision

Défis et verrous scientifiques

- Gouvernance données (ex. : accès, RGPD)
- Interopérabilité données
- Prétraitement données
- Réutilisation données → incertitudes

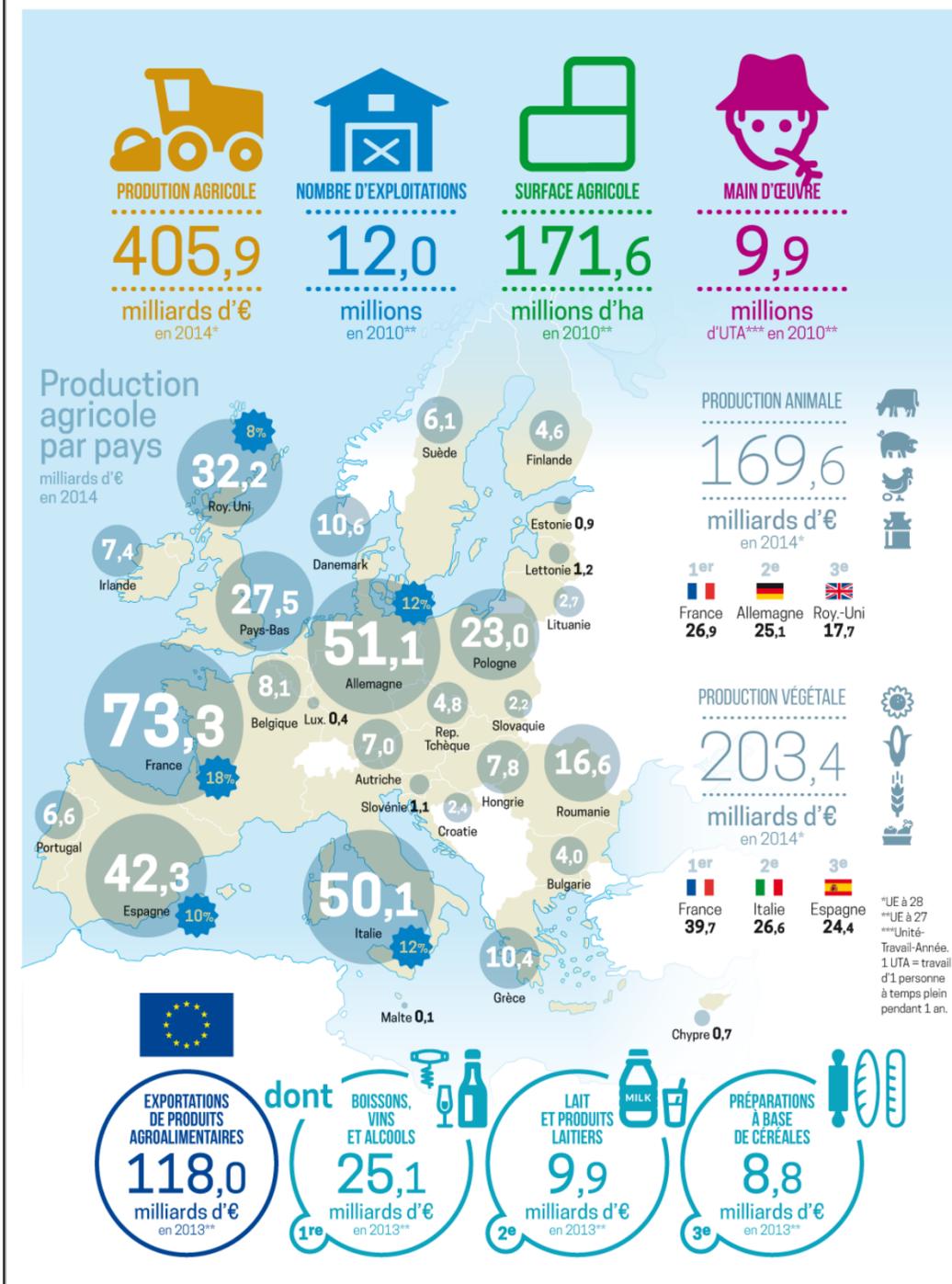
Axe 1 - Exemple 1 : projet TRACTOR



L'UNION EUROPÉENNE 2^E PUISSANCE AGRICOLE MONDIALE

Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt

SOURCE : EUROSTAT, AGRESTE



L'AGRICULTURE EN FRANCE



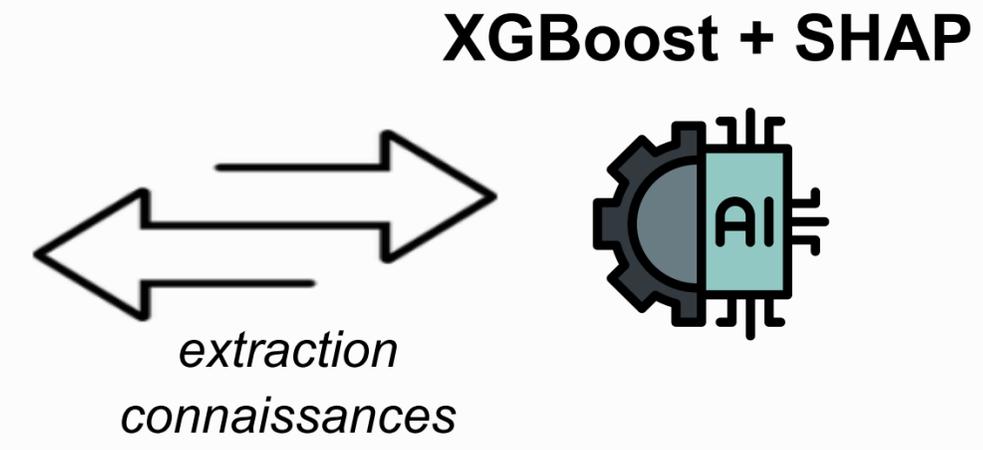
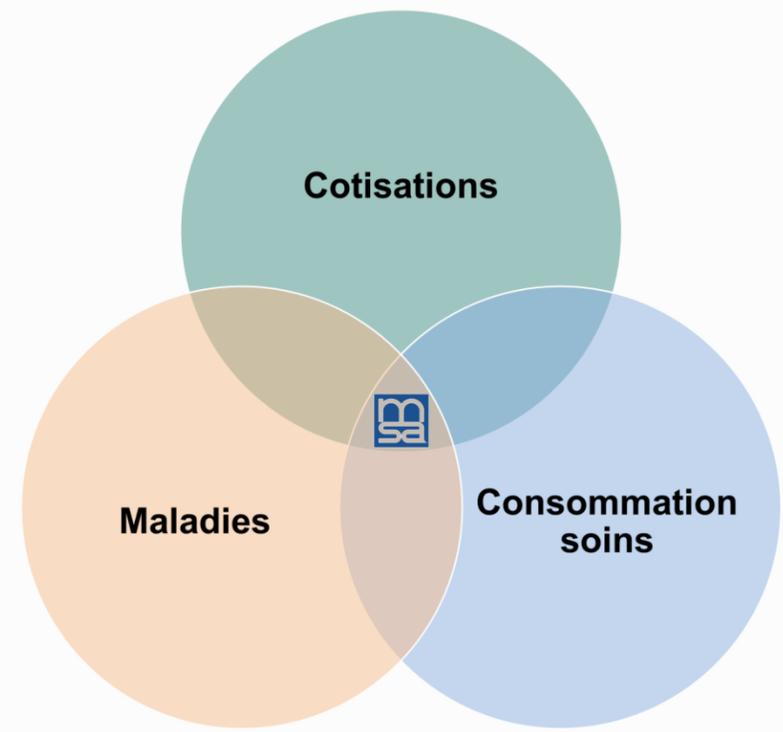
Source : Agreste - Recensement agricole 2020 (résultats provisoires)

Axe 1 - Exemple 1 : projet TRACTOR

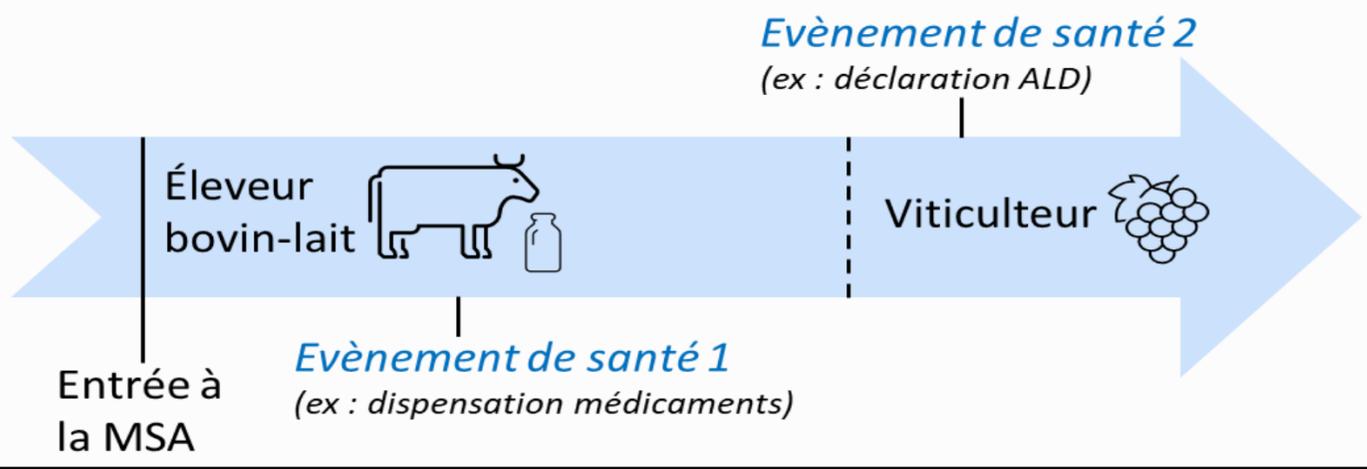


Données médico-administratives

- > 1 To
- 393 colonnes
- > 10⁹ lignes
- 2002-2016
- 1 088 561 exploitants
- 5 831 085 employés



Trajectoire digitale agriculteur



- **Petit et al. 2022.** The TRACTOR Project: TRACking and MoniToring Occupational Risks in Agriculture Using French Insurance Health Data (MSA). *Ann Work Expo Health*.
- **Petit et al. 2023.** Agricultural activities and risk of treatment for depressive disorders among the entire French agricultural workforce: the TRACTOR project, a nationwide retrospective cohort study. *Lancet Reg Health Eur*.
- **Petit et al. 2024.** Agricultural activities and risk of Alzheimer's disease: the TRACTOR project, a nationwide retrospective cohort study. *Eur J Epidemiol*.

Axe 1 - Exemple 1 : projet TRACTOR



Dépression

1. facteurs contextuels (ex. : climat, crise éco.)
2. facteurs organisationnels
 - type de pratique agricole
 - diversification pratique agricole
 - nombre d'employés
 - nombre d'exploitations
3. facteurs individuels (âge, sexe)
4. facteurs sociaux (statut marital, précarité)

Maladie de Parkinson

1. facteurs individuels (âge, sexe, statut tabagique)
2. facteurs professionnels
 - type de pratiques agricoles
 - nombre d'années d'expérience
 - surface d'exploitation
 - diversification pratique agricole
 - nombre d'employés
3. antécédents médicaux (ex. : santé mentale, épilepsie, antibiotiques)

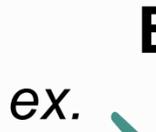
- **Petit et al. 2025.** Using Machine Learning and Nationwide Population-based Data to Unravel Predictors of Treated Depression in Farmers. *Mental Illness*.
- **Petit et al.** Leveraging Machine Learning with Real-World Data to Identify Risk Factors in Parkinson's Disease among Farmers. *Submitted*.

Axe 1 - Exemple 2 : santé numérique

Rhumatologie



Technologies numériques

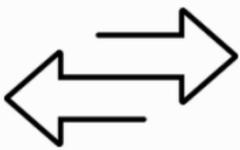


Enquêtes transversales nationales

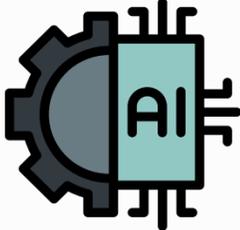


Patients

Praticiens



XGBoost



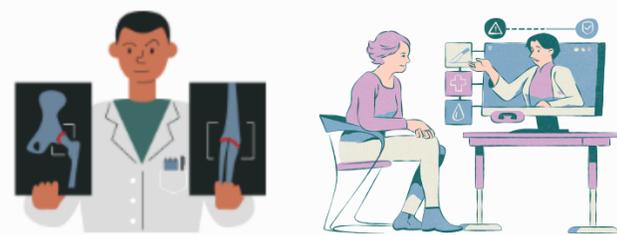
SHAP



Utilisation
télémédecine

Axe 1 - Exemple 2 : santé numérique

Rhumatologie



Technologies numériques

Enquêtes transversales nationales

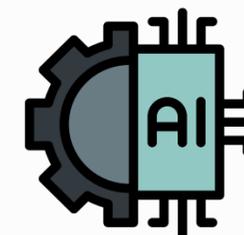
ex.



Patients

Praticiens

XGBoost



SHAP

Prédire

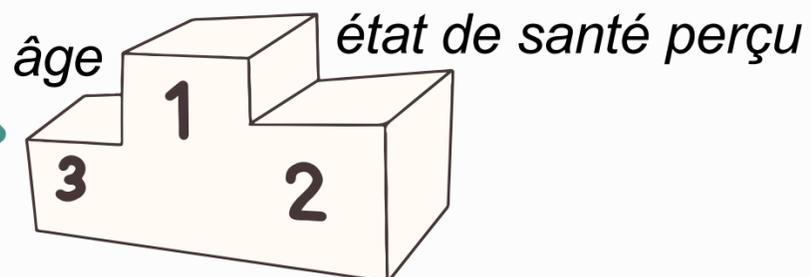
Utilisation
télémédecine

*souhait offre télémédecine
par rhumatologue*

Patients



(n = 438)

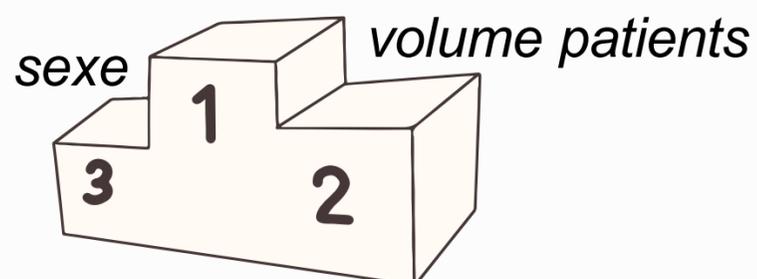


Praticiens

littératie numérique en santé



(n = 467)

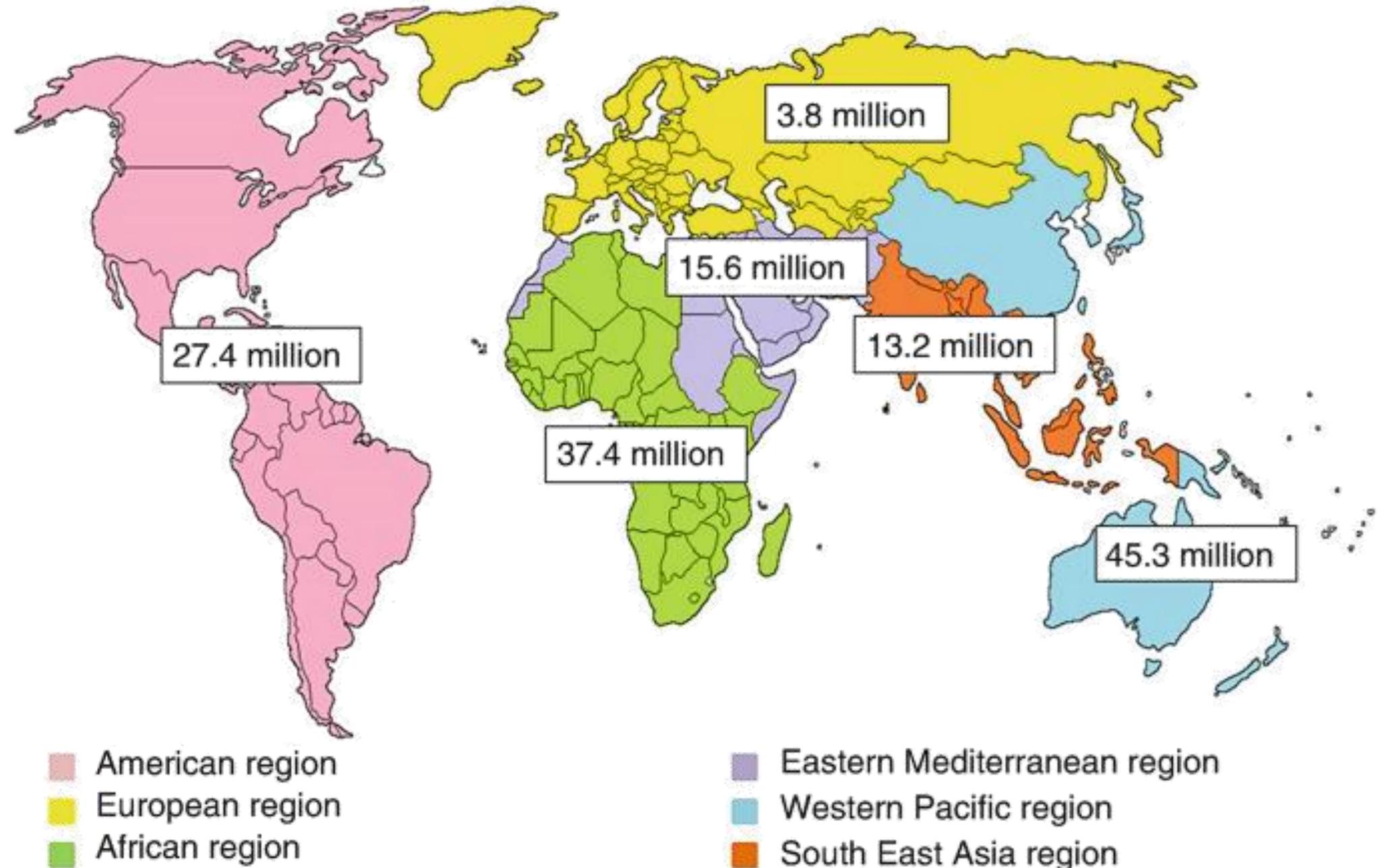


Production de savoirs

- Impact positif IA sur la pratique médicale → prise en charge plus personnalisée, efficace et efficiente
- Rôle central des professionnels de santé
- Nécessité d'enrichir connaissances et compétences des professionnels

Axe 1 - Perspective/Opportunité de collaboration

Trichomonase = IST non virale la plus répandue, avec 156 millions nouveaux cas/an
= IST négligée

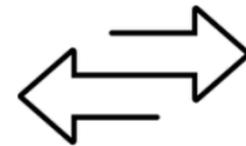


Axe 1 - Perspective/Opportunité de collaboration

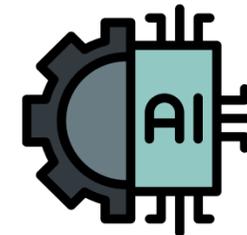
Marcelle ABANDA ETOUNGUI



- Réutilisation données réelles
(SIL bactériologie-parasitologie-mycologie)
- Analyse rétrospective



XGBoost



SHAP



Trichomonase

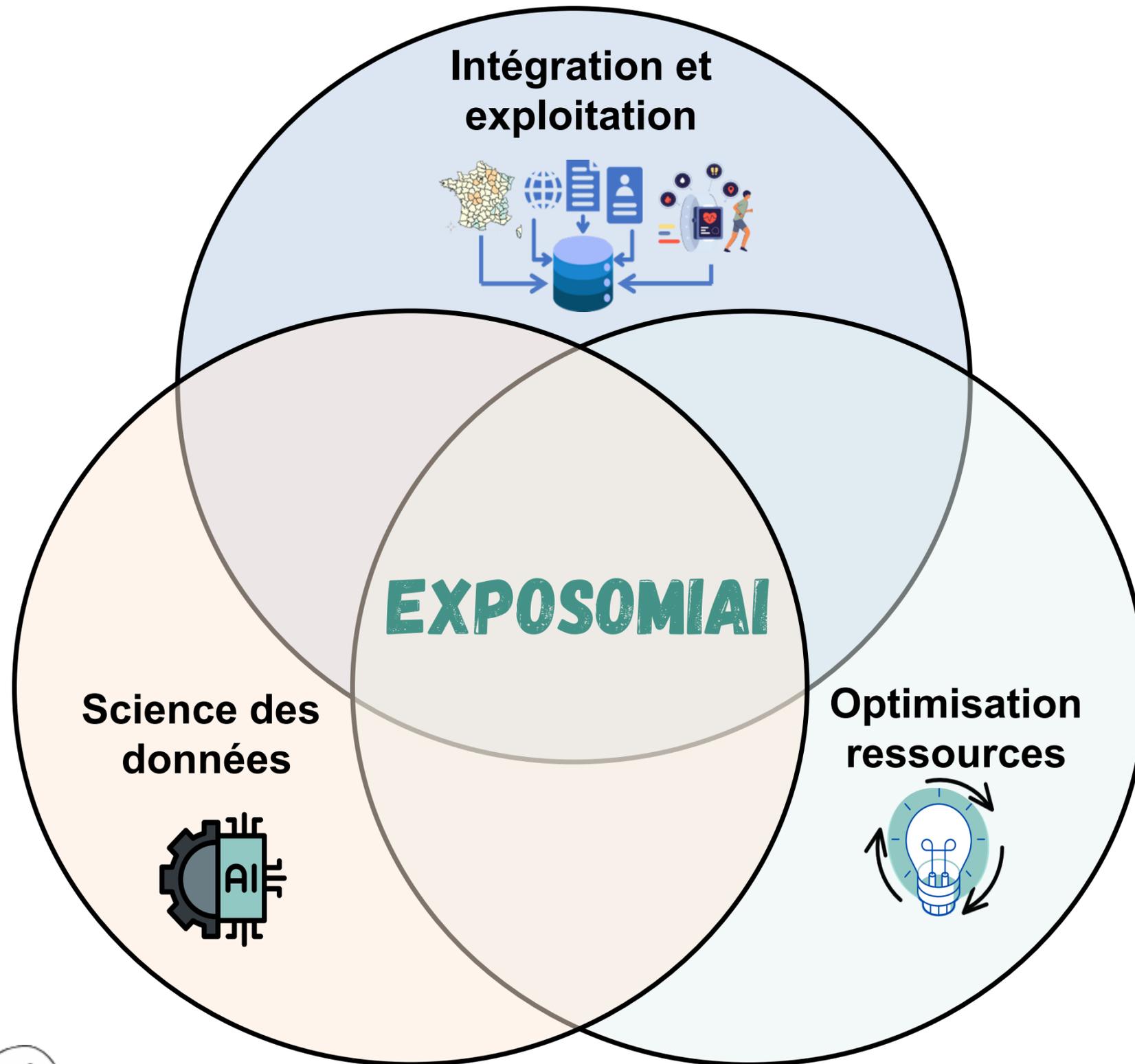
Production de savoirs

- Identification facteurs de risque modifiables
- Profils à risque d'infection
- Prévention de précision
- Amélioration dépistage

Défis et verrous scientifiques

- Nettoyage et prétraitement données (ex. : doublons, valeurs manquantes)
- Généralisation résultats : validation externe sur bases autres centres

EXPOSOMIAI : Prévenir les maladies et promouvoir la santé



Axe 1

Identification de prédicteurs exposomiques de maladies

Axe 2

Rendre le concept d'exposome plus opérationnel



Recherche interdisciplinaire, frugale, reproductible, généralisable, centrée sur l'humain



Axe 2 : Opérationnaliser l'exposome

Usage des savoirs



Littérature ± axe 1

opérationnaliser



Innovation technologique



centré utilisateur

Usage des savoirs pour la prévention

- Intégration exposome dans pratique clinique
 - médecine personnalisée
 - formation médicale
- sensibilisation citoyenne → prévention proactive



Axe 2 - Exemple 1 : cancer

Usage des savoirs

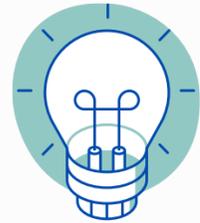


Littérature

opérationnaliser



Innovation technologique

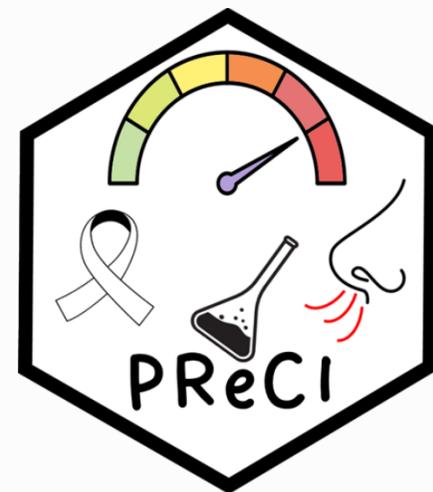
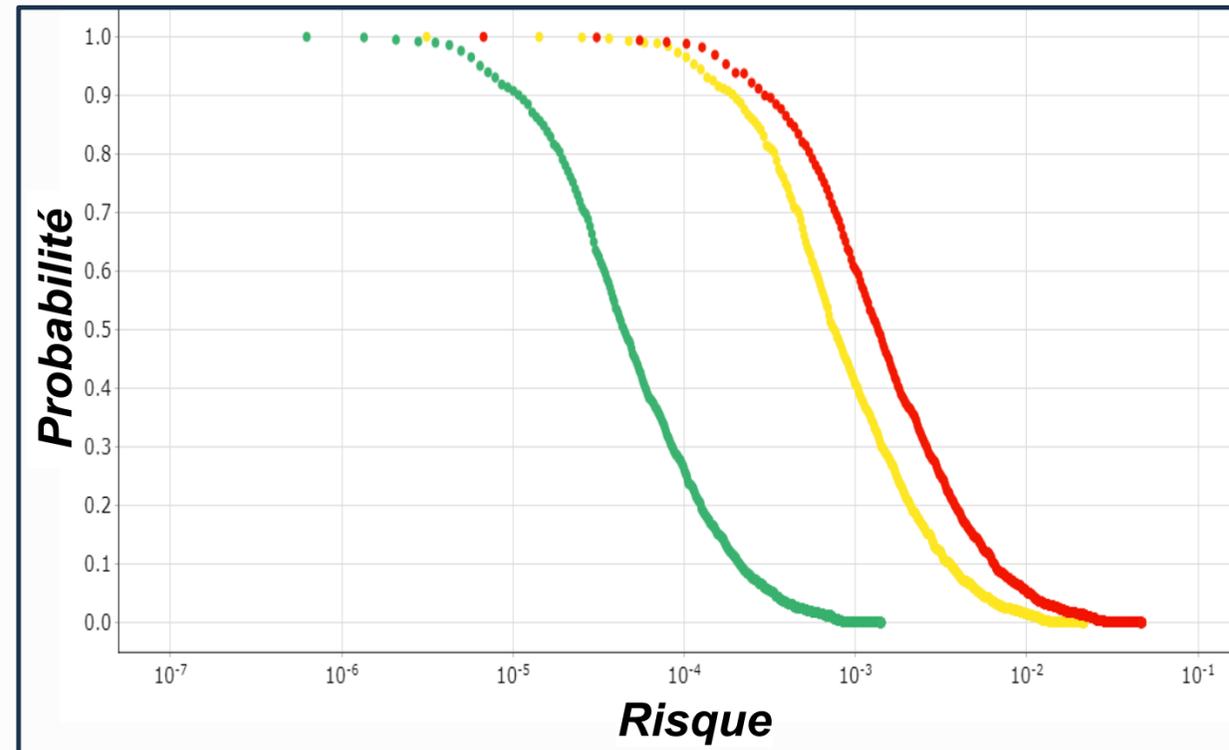
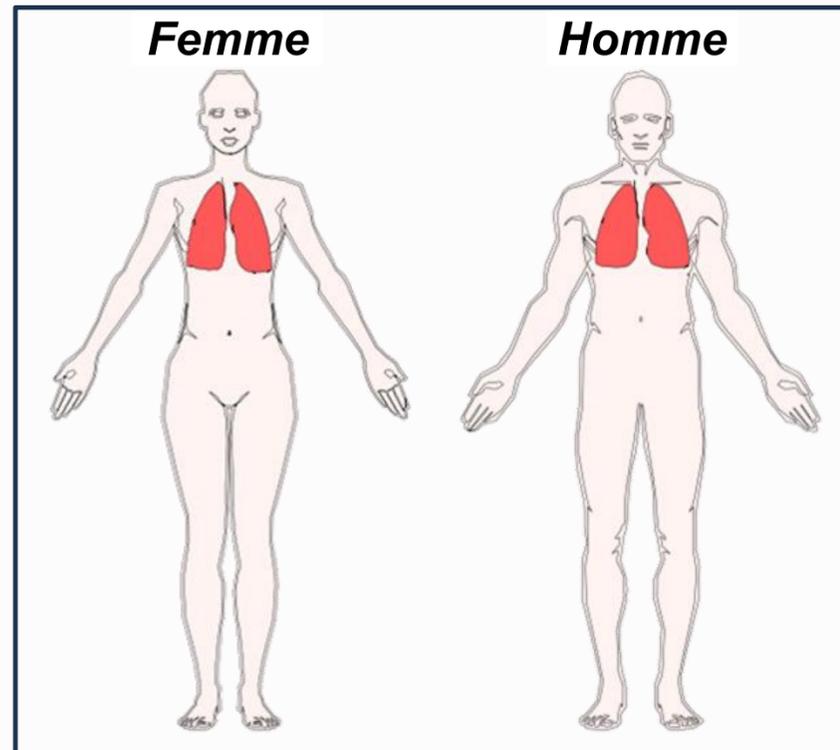


ex.



Estimation des risques de cancer par inhalation

- 509 produits chimiques
- 62 types de cancer
- VTR de 18 agences sanitaires
- Scénario d'exposition à définir
- Probabilité (**prédiction**)
- Nombre de cas additionnels attendus



déclinaison pédagogique

APP : IDDN .FR .001 .070019 .000 .S .P .2023 .000 .31230

- **Petit & Bicout, 2022.** Health risk assessment with multiple reference indexes.
- **Petit et al. 2021.** A consensus approach for estimating health risk: application to inhalation cancer risks.

Axe 2 - Exemple 2 : HAP

Usage des savoirs



Littérature

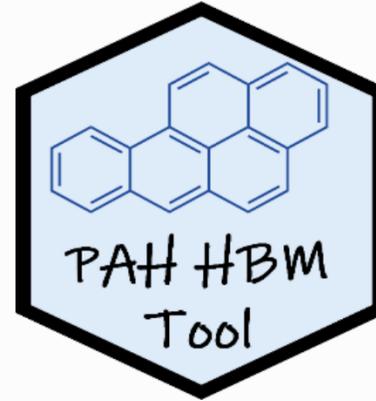
opérationnaliser



Innovation technologique

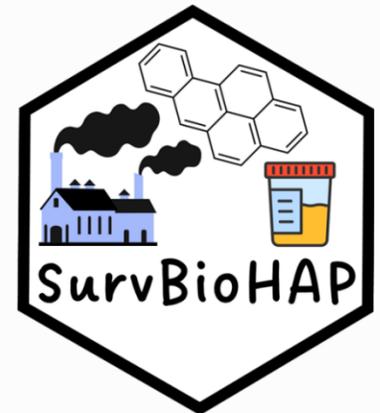
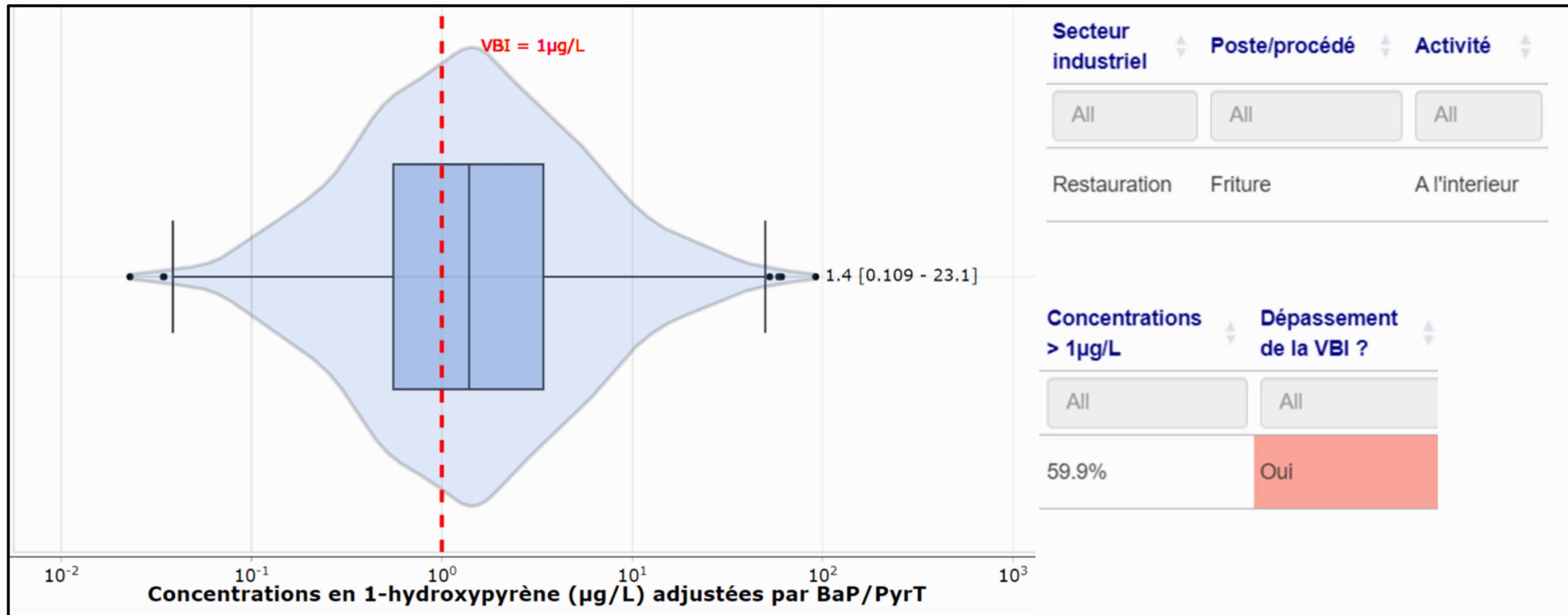


ex.



Aide interprétation et surveillance biologique HAP

- 19 pays
- 15 secteurs industriels
- 79 postes de travail
- 213 activités professionnelles
- **Prévention**



déclinaison pédagogique

Axe 2 - Exemple 3 : score de risque

usage des savoirs



1. Choix et inventaire des facteurs de risque exposomique

Facteur	Population	Contexte	OR (IC 95%)	...	Référence
Facteur 1	Adulte	Expo prof.	1,51 (1,12-1,84)	...	Gauthier et al. 2020
Facteur 1	Senior	Expo env.	1,81 (1,33-2,54)	...	Rouzeau et al. 2014
Facteur 1	Enfant	France	1,22 (1,03-1,75)	...	Jeannot et al. 2025
Facteur 2	Adulte	Expo prof.	2,44 (1,90-3,07)	...	Gauthier et al. 2020
Facteur 2	Senior	Expo env.	1,69 (1,29-1,91)	...	Rouzeau et al. 2014
...
Facteur m	Adulte	Japon	0,82 (0,64-0,91)	...	Jin Woo et al. 2022

2. Sélection des OR

Facteur	Population	Contexte	OR (IC 95%)	...
Facteur 1	Adulte	Expo prof.	1,51 (1,12-1,84)	...
Facteur 2	Adulte	Expo prof.	2,44 (1,90-3,07)	...
...
Facteur m	Adulte	Japon	0,82 (0,64-0,91)	...

Axe 2 - Exemple 3 : score de risque

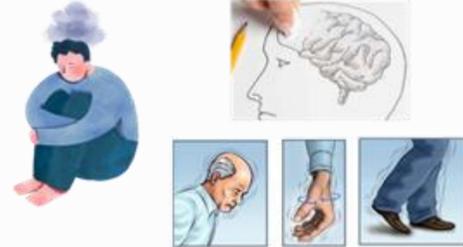
usage des
savoirs



développer



score de risque
exposomique



$$1 - e^{-\left(\sum_{i=1}^m \frac{\log(OR_i)}{OR_i}\right)}$$

- **Pries et al. 2019.** Estimating Exposome Score for Schizophrenia Using Predictive Modeling Approach in Two Independent Samples: The Results From the EUGEI Study.
- **Torkamani et al. 2018.** The personal and clinical utility of polygenic risk scores. *Nat Rev Genet.*

Axe 2 - Exemple 3 : score de risque

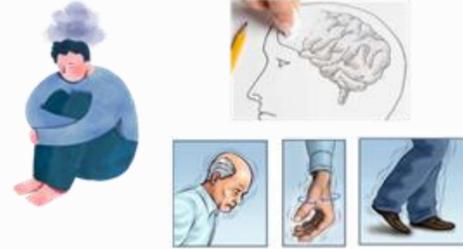
usage des
savoirs



développer



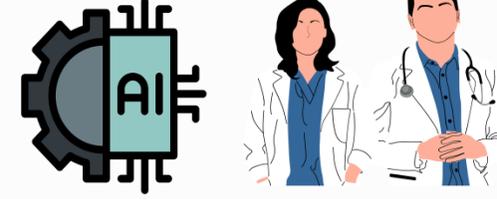
score de risque
exposomique



valider



XGBoost
+ SHAP



cohorte



Axe 2 - Exemple 3 : score de risque

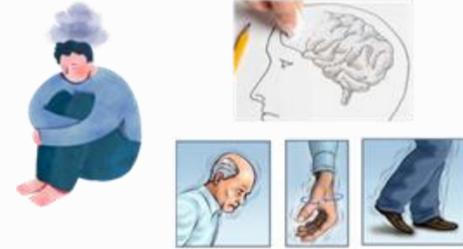
usage des savoirs



développer



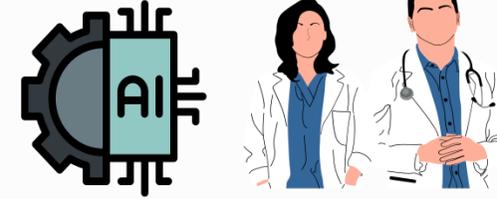
score de risque exposomique



valider



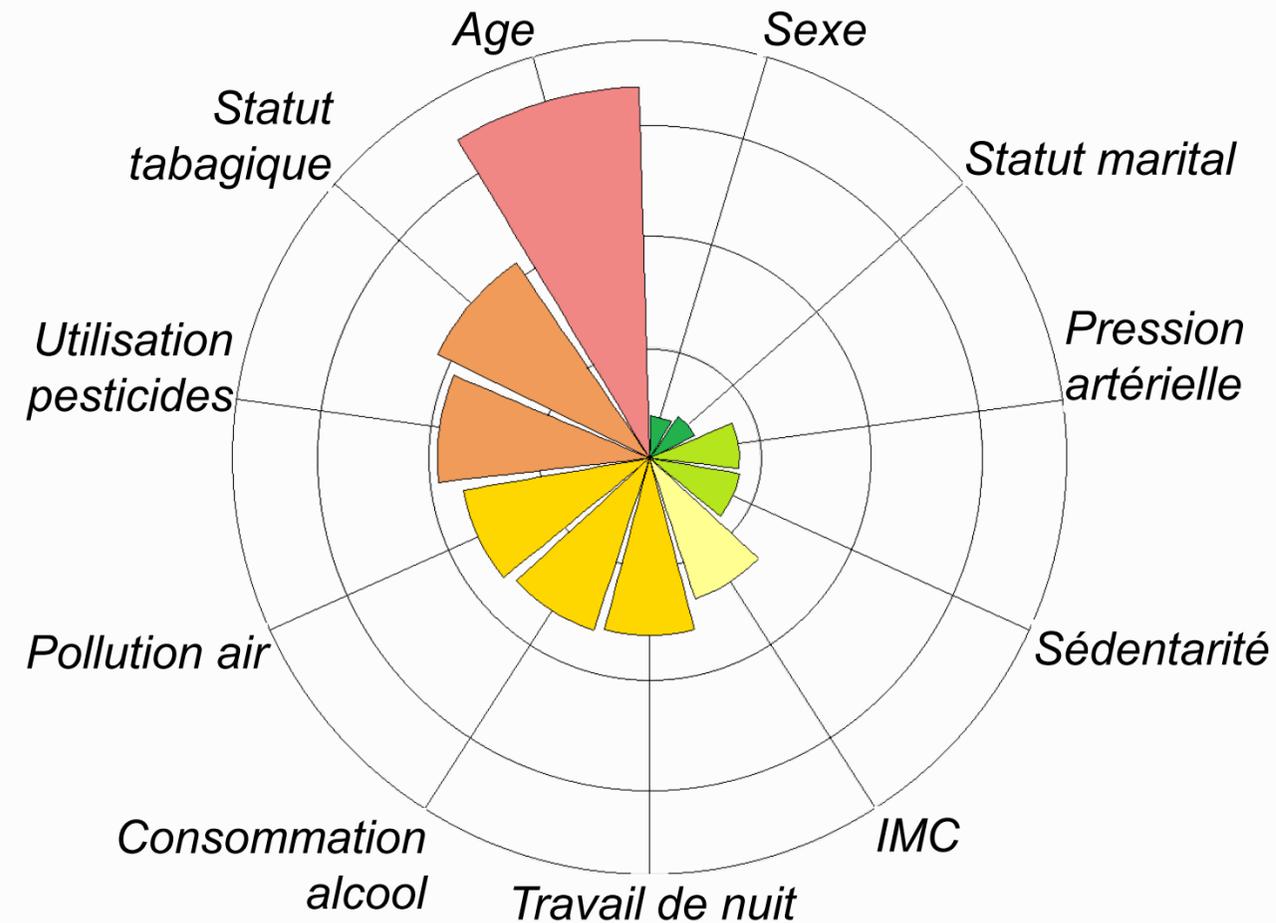
XGBoost + SHAP



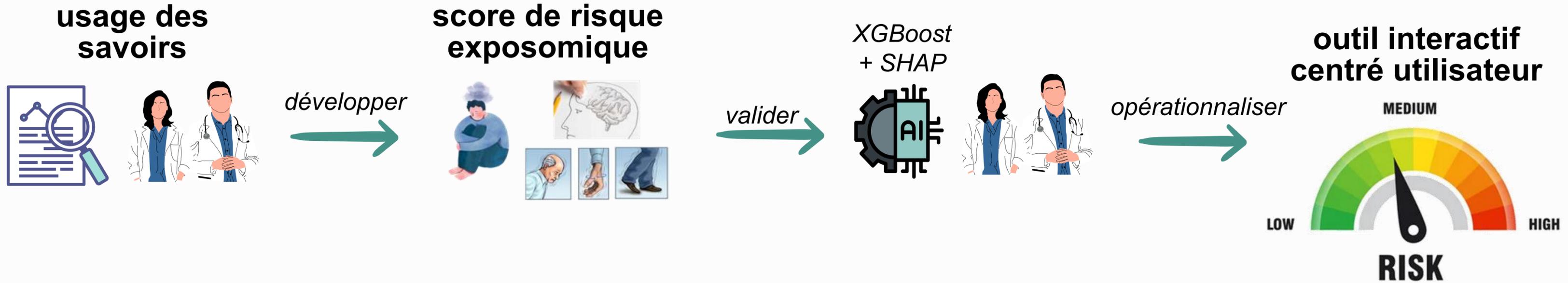
opérationnaliser



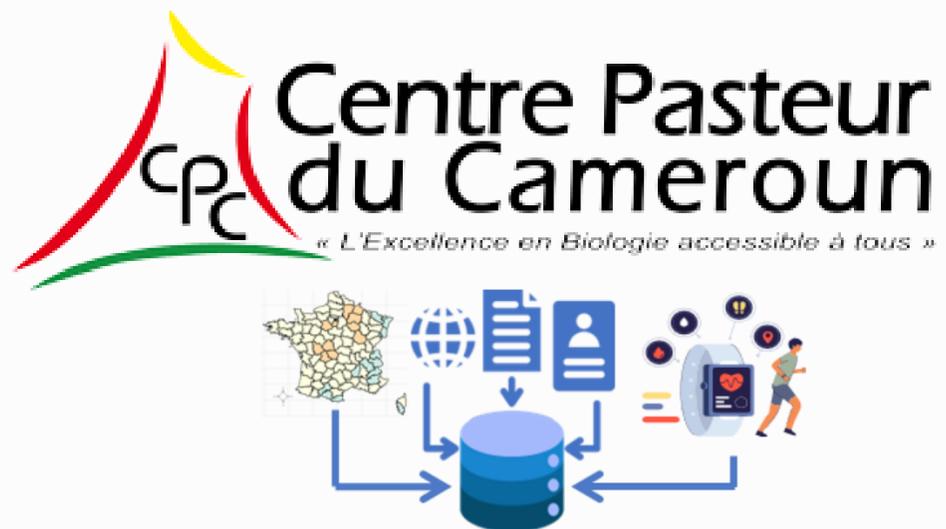
outil interactif centré utilisateur



Axe 2 - Exemple 3 : score de risque

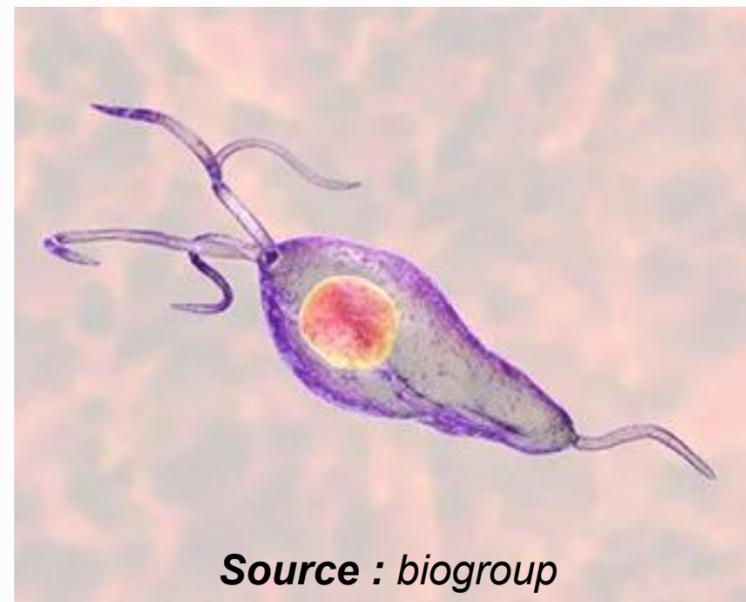


Perspective/Opportunité de collaboration

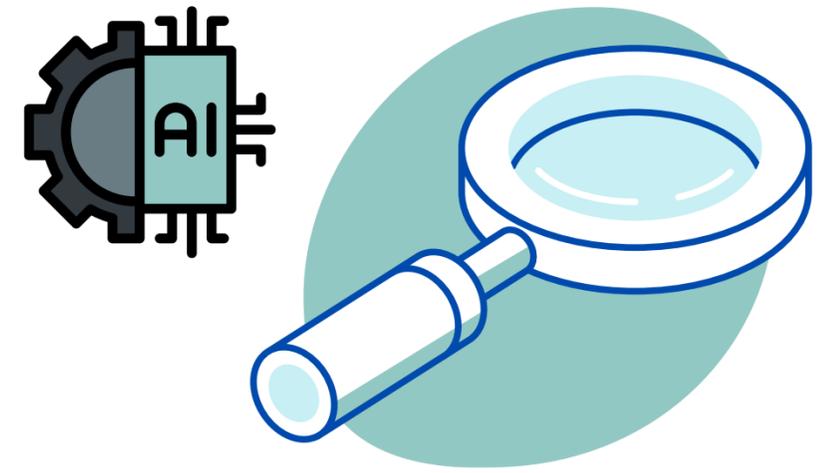


Test et validation du score si possible

Trichomonase



Marcelle ABANDA ETOUNGUI



EXPOSOMIAI

Exposome, Intelligence Artificielle et Innovations

Pascal Petit

Chercheur contractuel (postdoc) en Santé publique numérique

