

# **Valorisation de substances radioactives**

## **Caractérisation et métrologie**

*SFRP 2025*

Yacine Toumouch, Félix Hautot, Manon Delarue

*Orano DPS2D / Direction de la programmation Stratégique Démantèlement et Déchets*

18/06/2025



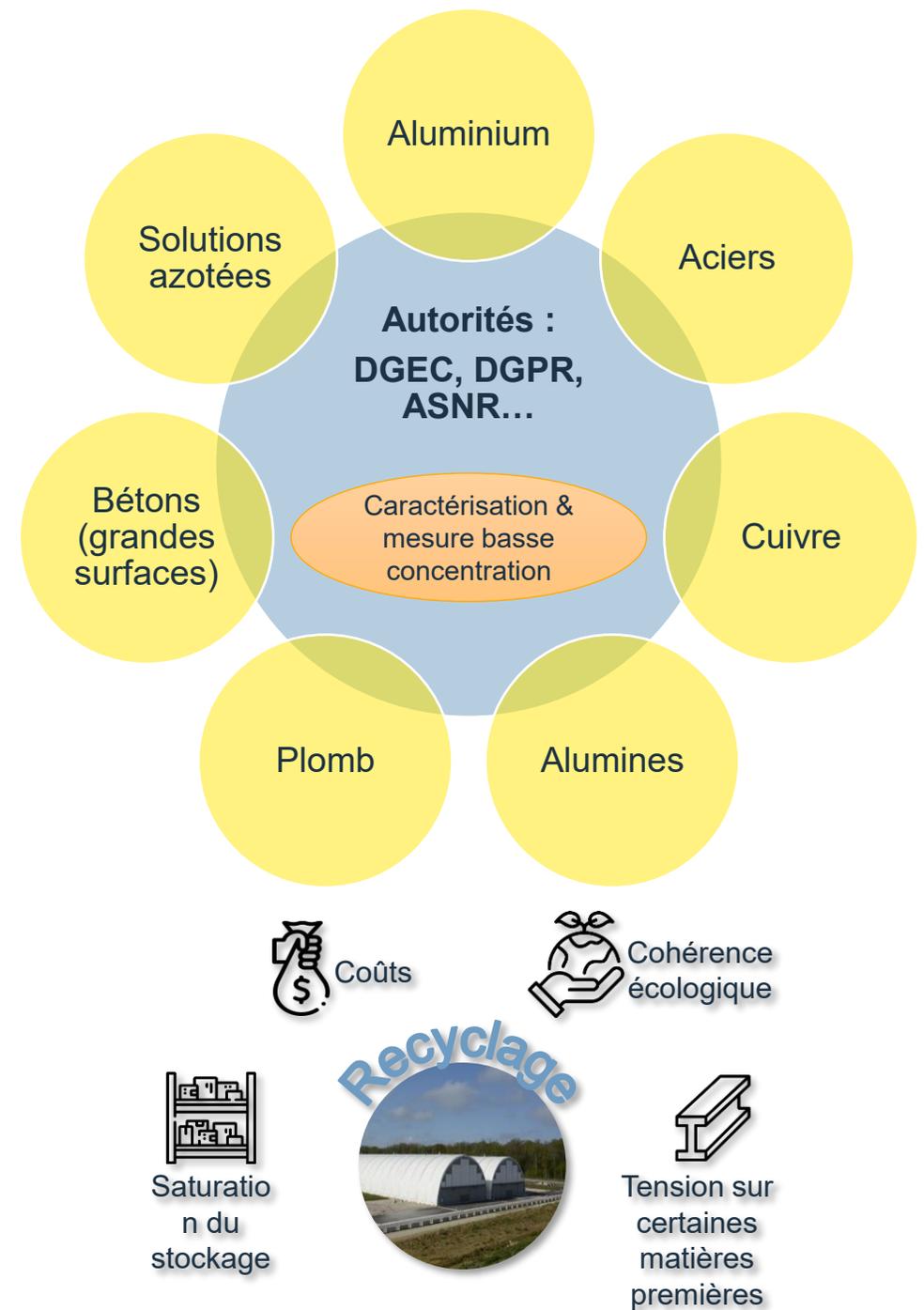
**orano**

# 01 • Contexte

# Contexte et enjeux dosimétriques

1. *Opportunité écologique - éviter les déchets*
  - Saturation des sites d'entreposage (**CIRES**)
  - Préserver les capacités de stockage pour les déchets non recyclables
2. *Sécurité / sûreté*
  - Exposition naturelle moyenne (France) ~ **5 mSv/an/personne**
  - Vs impact du produit de valorisation < **0.01mSv/an/personne**
3. *Economie*
  - Economie circulaire: Augmenter les quantités de métaux ou matières recyclées
  - Coûts comparables à l'entreposage de déchets TFA dans le cas de certaines matrices métalliques

- **Démonstration de sûreté**
- **Garantie de la limitation de l'impact dosimétrique**



# 01 • Evolutions réglementaires (Métalliques)

2019

- Débat publique: Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs (PNGMDR)
- Identification: besoins d'évolutions réglementaires

2020

- Travail effectif sur l'évolution du cadre réglementaire
- Orientation étatique: étude de la valorisation des substances métalliques faiblement contaminées

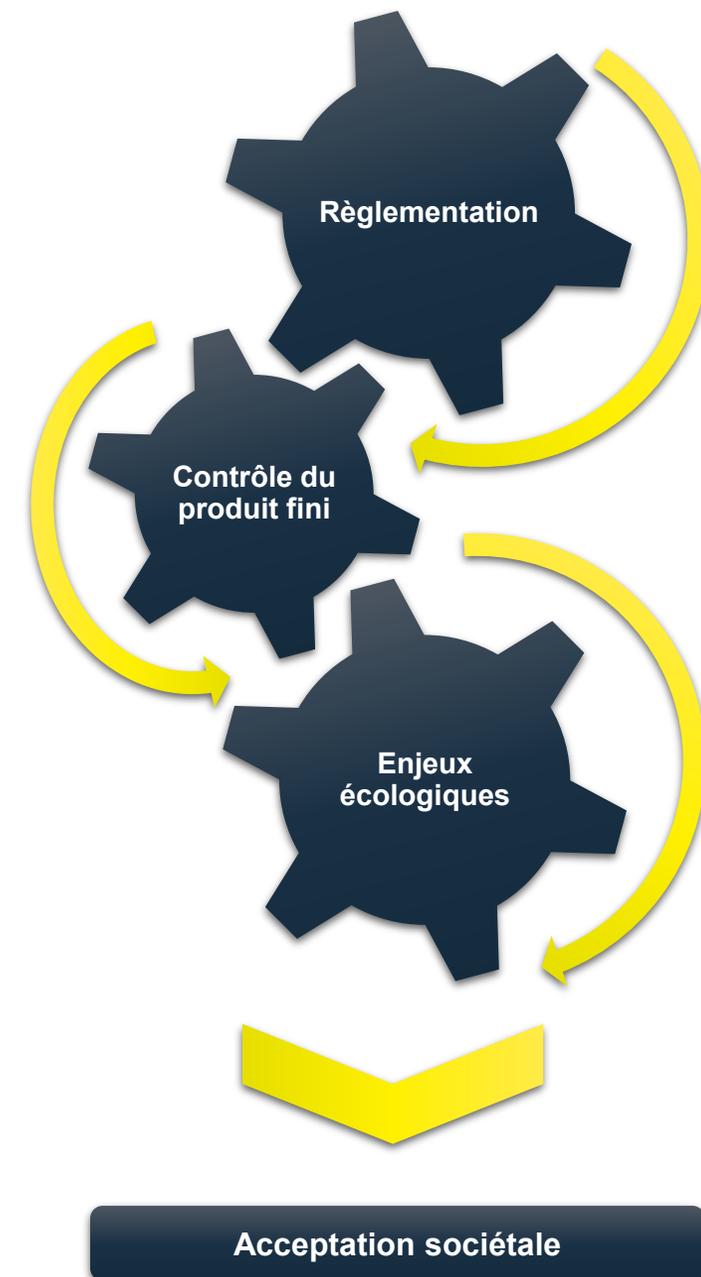
2021

- Consultation publique sur l'évolution de la réglementation
- Consultation des autorités françaises:
  - Autorité de sûreté Nucléaire (ASN)
  - Conseil d'état
  - Conseils Supérieur pour la Prévention des Risques Technologiques (CSPRT)

2022

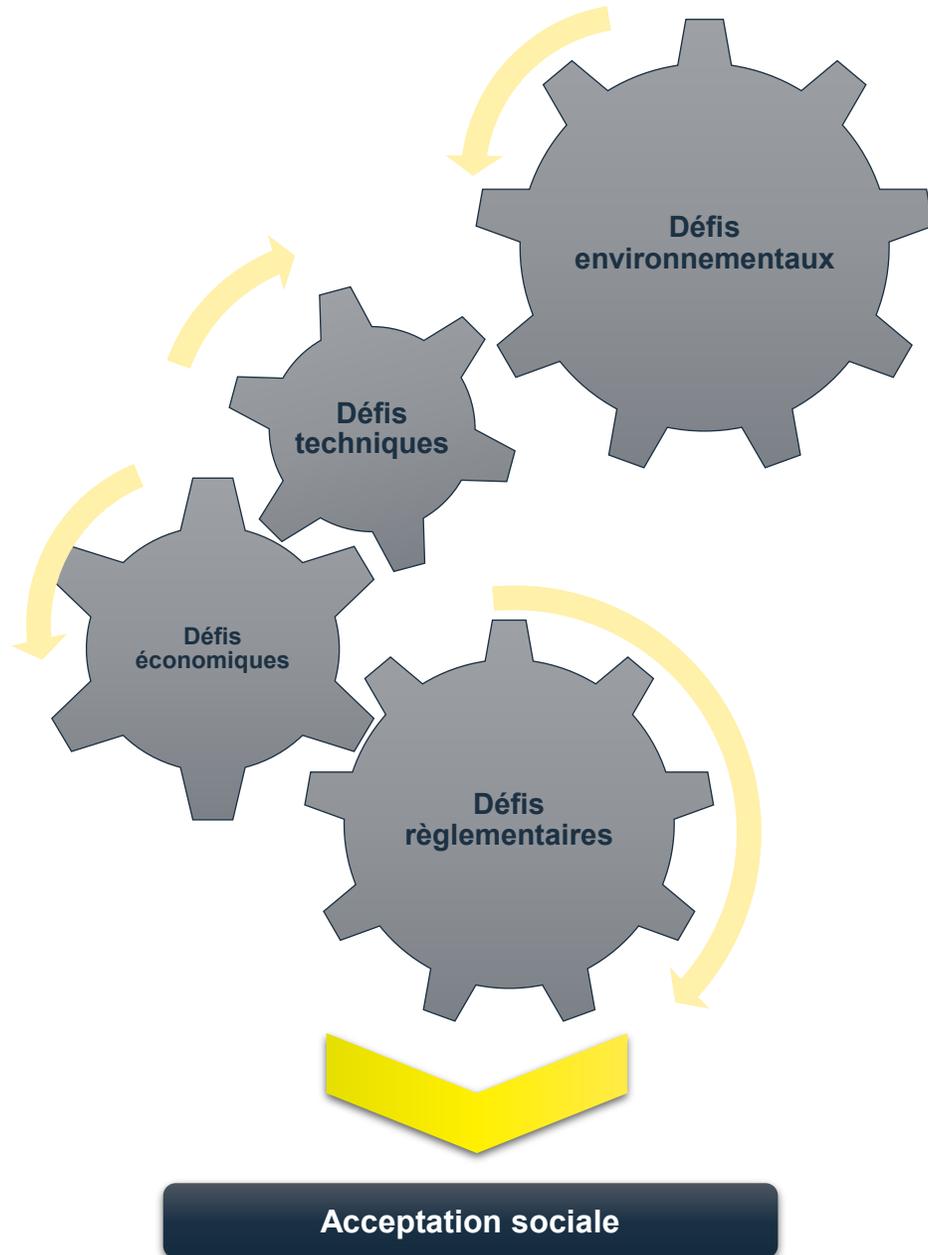
- Décret 2022-175 (14/02/2022): préparation du cadre réglementaire sur la valorisation de substances nucléaires (Substances métalliques)
- Décret 2022-174 (14/02/2022): précisions sur les conditions devant être prises en compte pour les opérations de valorisation
- 14/02/2022: publication de l'article du Code de la Santé Publique relatif à la valorisation de substances métalliques

- De nombreux projets de valorisation en phase d'évaluation de faisabilité
- Réglementation non existante dans un grand nombre de cas
- Contraintes technico-réglementaire sur la base de recommandations internationales

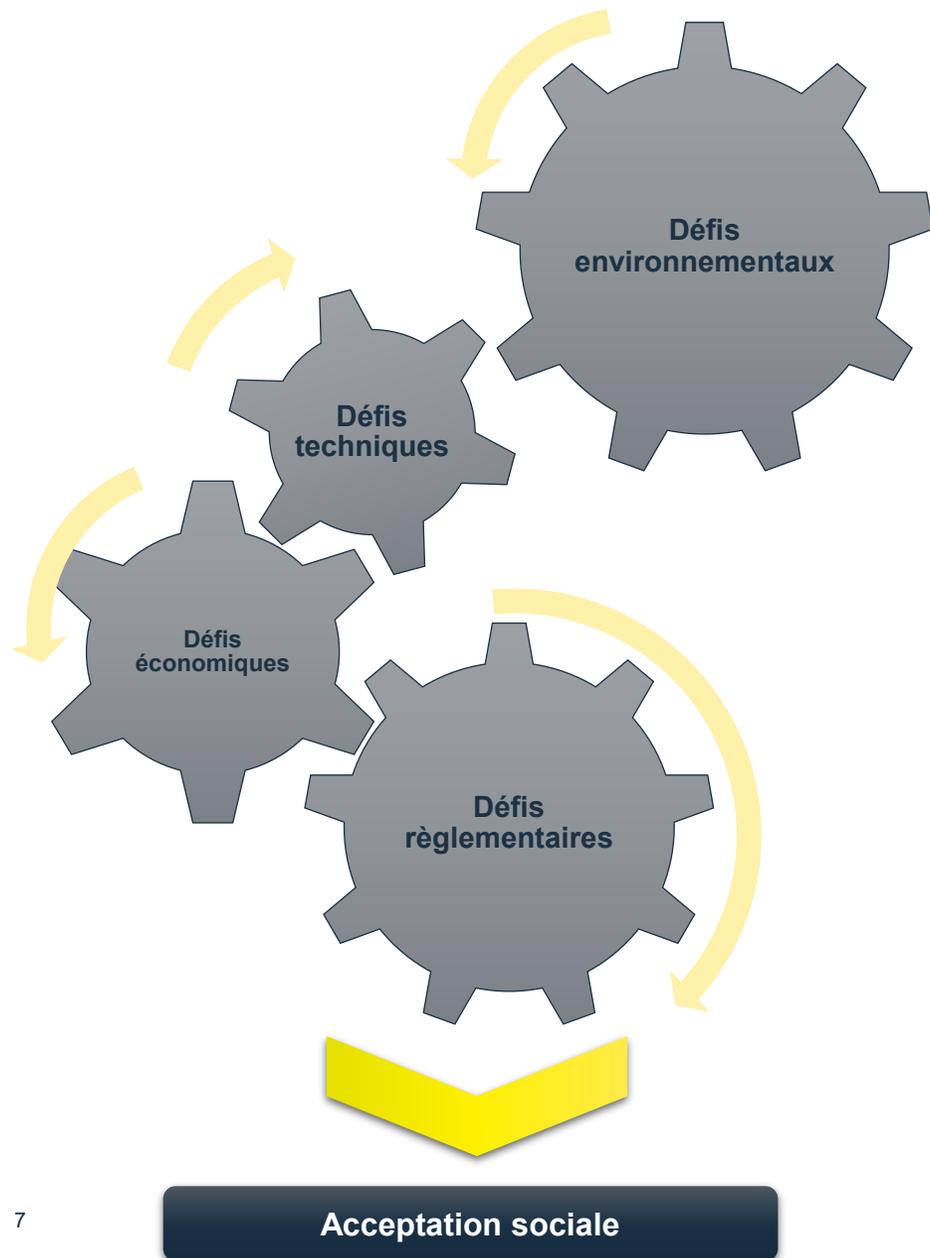


# 02 • Critères technico-réglementaires

## 02 • Recyclage d'aciers faiblement radioactifs



## 02 • Valorisation des liquides faiblement radioactifs



## 02 • Réglementation Française (substances métalliques)

### Décrets

2022 – 174 : conditions requises pour la valorisation

2022 – 175 : cadre réglementaire pour la valorisation de substances métalliques

Les conditions dans lesquelles la dérogation peut être accordée sont les suivantes :

« 1° Si les produits résultant de l'opération de valorisation contiennent un radionucléide, la concentration d'activité massique du radionucléide ne doit pas dépasser la valeur limite correspondante définie dans le tableau 3 de l'annexe 13-8 du code de la santé publique ;

$$\longrightarrow C_i \leq C_{li} \quad (1)$$

« 2° Si les produits résultant de l'opération de valorisation contiennent plusieurs radionucléides, la **somme pondérée** des concentrations d'activité massique de chaque radionucléide divisées par la valeur limite correspondante définie dans le tableau 3 de l'annexe 13-8 du code de la santé publique **doit être inférieure à 1** ;

$$\longrightarrow \sum \frac{C_i}{C_{li}} \leq 1 \quad (2)$$

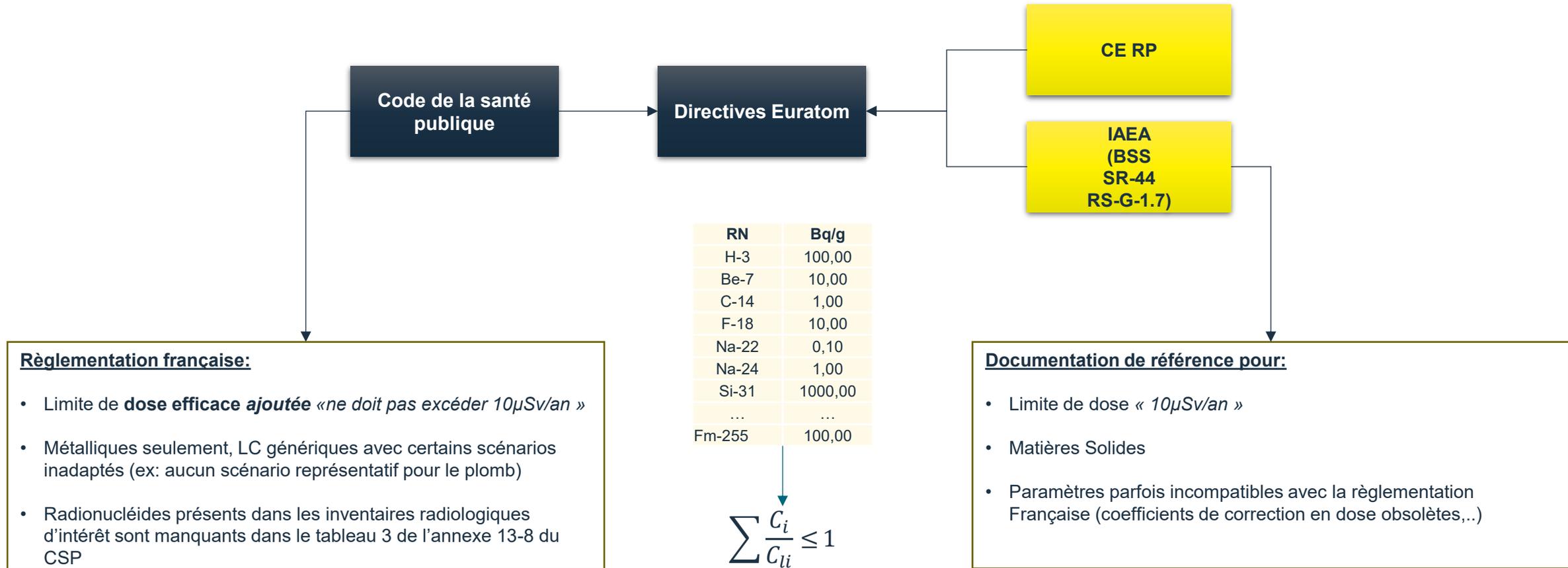
« 3° Si les produits résultant de l'opération de valorisation contiennent au moins un radionucléide dont la valeur limite correspondante **ne figure pas dans le tableau 3** de l'annexe 13-8 du code de la santé publique, la **dose efficace ajoutée** pouvant être reçue par une **personne représentative** résultant de **tout usage** de produits issus de l'opération de valorisation, y compris dans des conditions d'exposition qui ne peuvent être raisonnablement écartées, **ne doit pas excéder 10 microsieverts par an** et aucun travailleur exposé à des substances valorisées ne doit être classé de ce fait, au sens de l'article R. 4451-57 du code du travail.

**Calcul des limites en concentration ( $C_{li}$ )  
et application de la condition relative à la  
somme pondérée (2)**

$C_i$ : concentration mesurée pour le radionucléide  $i$  (kBq/kg)

$C_{li}$ : limite en concentration donnée par le tableau 3 de l'annexe 13-8 ou calculée pour le radionucléide  $i$  (kBq/kg)

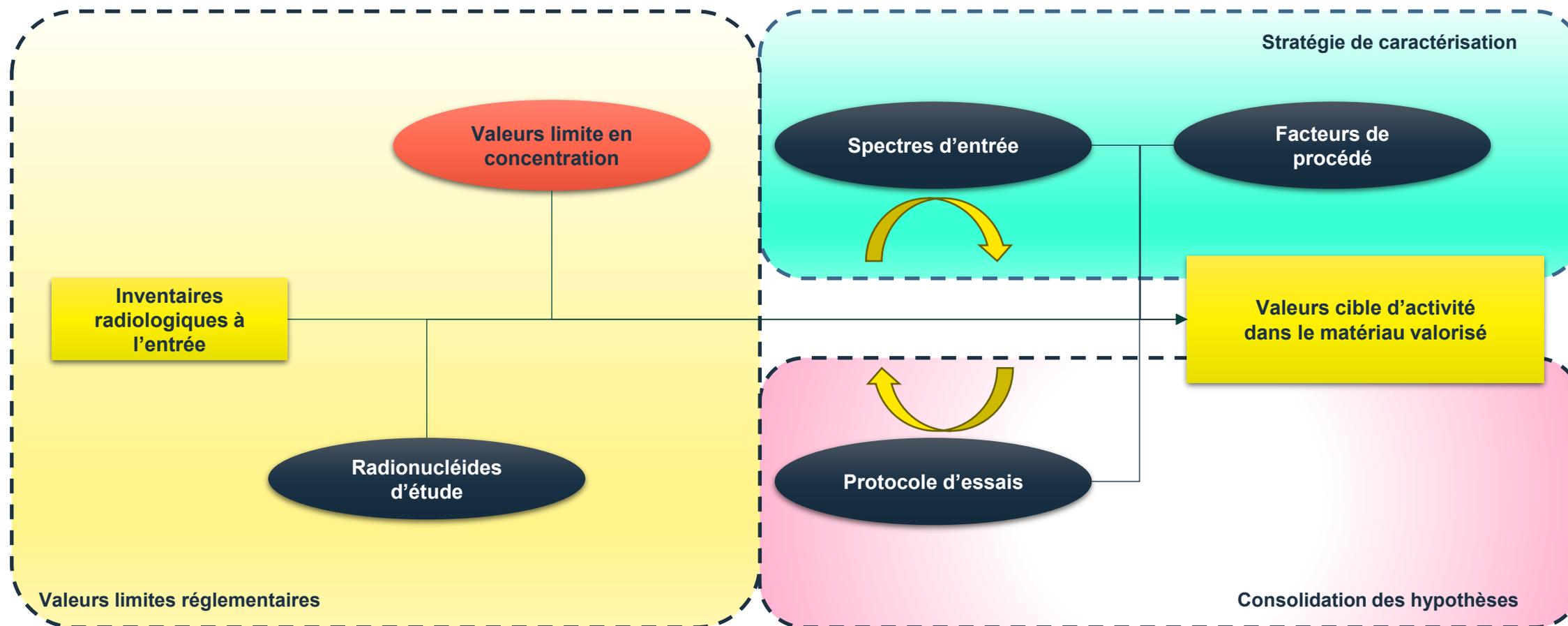
## 02 • Code de la santé publique



### Spécificités de la réglementation Française

### Scénarios d'exposition et paramètres spécifiques

# Processus général



# 03 • Enjeux techniques

## 03 • Mesure nucléaire – domaines d'expertise

### Dossier de dérogation sur 12 axes :

- 5 axes sur les mesures nucléaires, les contrôles, l'assurance qualité et la qualification technique

1-5 Autres considérations

Nature et origine des produits entrants

6 Identification de la nature et de l'origine des substances à traiter dans l'installation

Quantité de produits entrants

7 Estimation de la quantité de substances qui seront traitées dans l'installation, y compris les flux annuels de substances

Critères d'acceptation des produits entrants

8 Description préliminaire des critères d'acceptation des substances pouvant être traitées dans l'installation

Stratégie de contrôle, démonstration de la conformité des produits finis

9 Document décrivant la stratégie de contrôle de l'entrée à la sortie de l'installation et justifiant sa capacité à démontrer la conformité, d'une part, avec les critères d'acceptation à l'entrée de l'installation, et d'autre part avec les valeurs limites ou les critères de dose effective ajoutée à la sortie de l'installation. Si applicable, il est envisagé de mener des opérations de valorisation de substances provenant de pays tiers dont la stratégie de contrôle avant l'entrée sur le territoire français sera également décrite dans ce document.

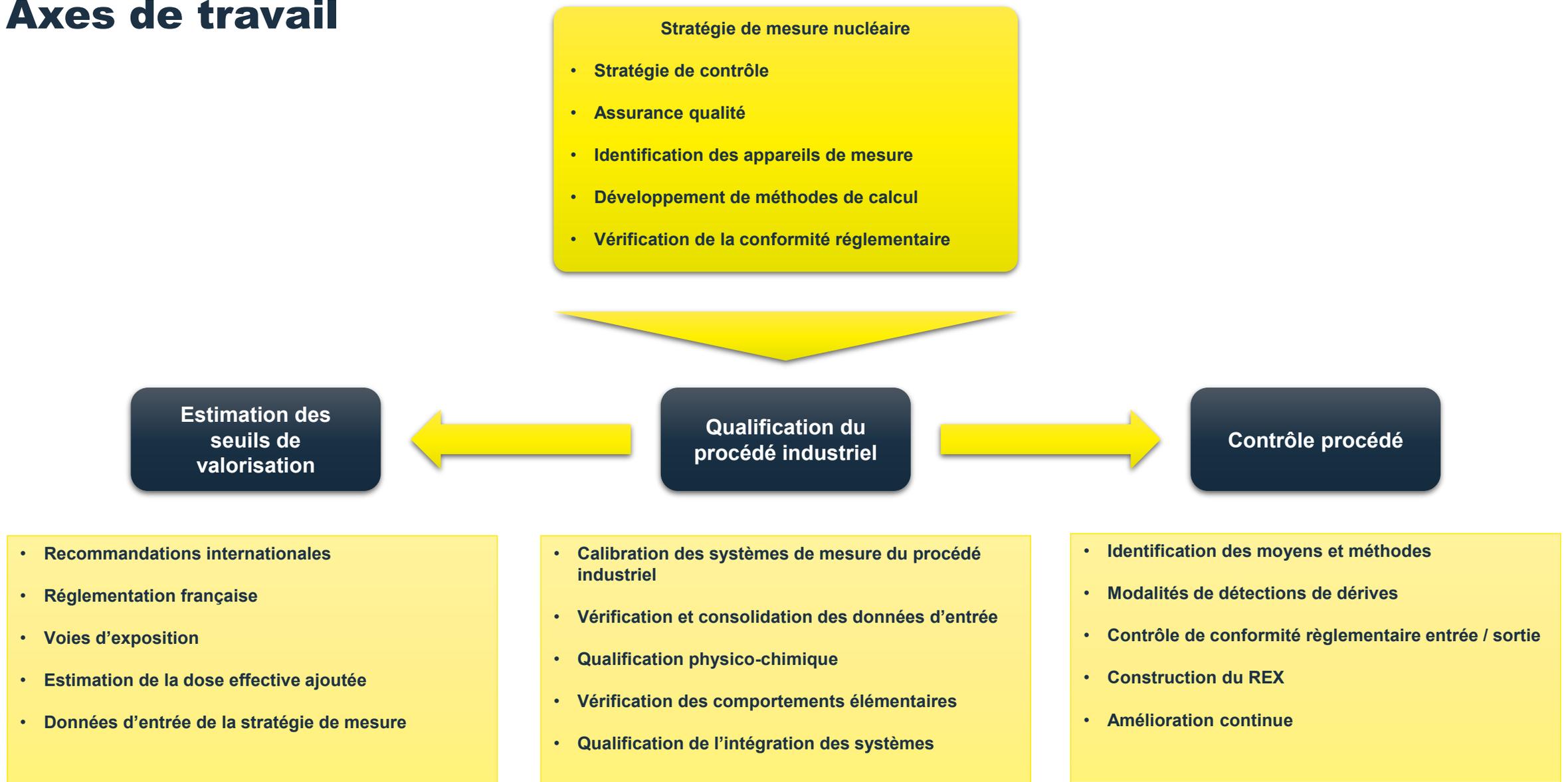
Traçabilité des produits sortants

10 Description des moyens mis en place pour assurer l'enregistrement et la traçabilité des résultats des contrôles radiologiques à l'entrée et à la sortie de l'installation

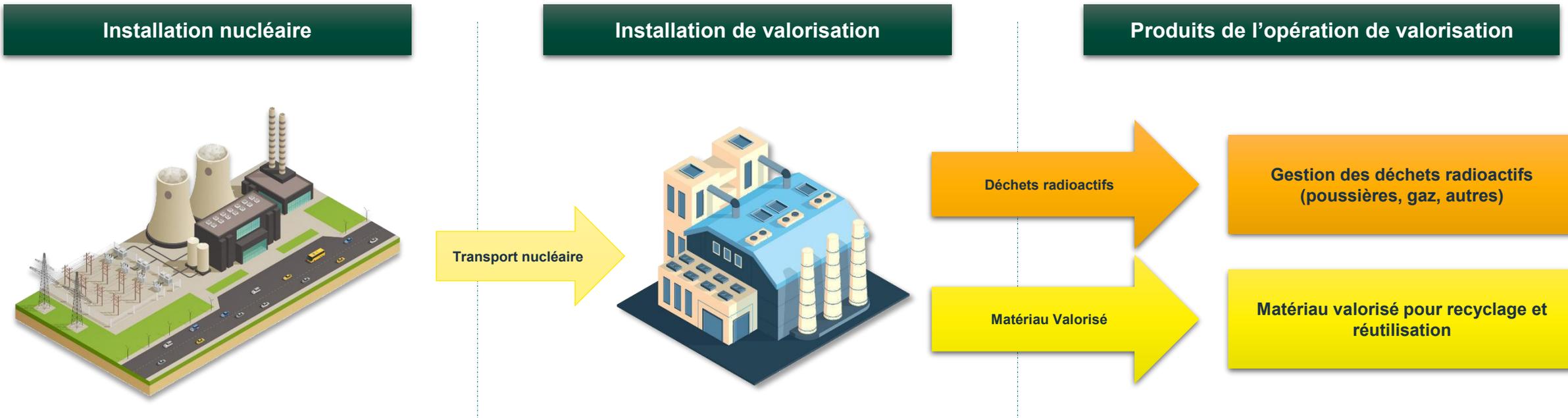
11-12 Autres considérations

**5 des 12 points du dossier de dérogation dépendent d'études relatives à la radioprotection / mesure nucléaire pour faire la preuve du respect de la réglementation**

## 03 • Axes de travail



# 03 • Démarche globale



Mesure et contrôle des **produits entrants** :

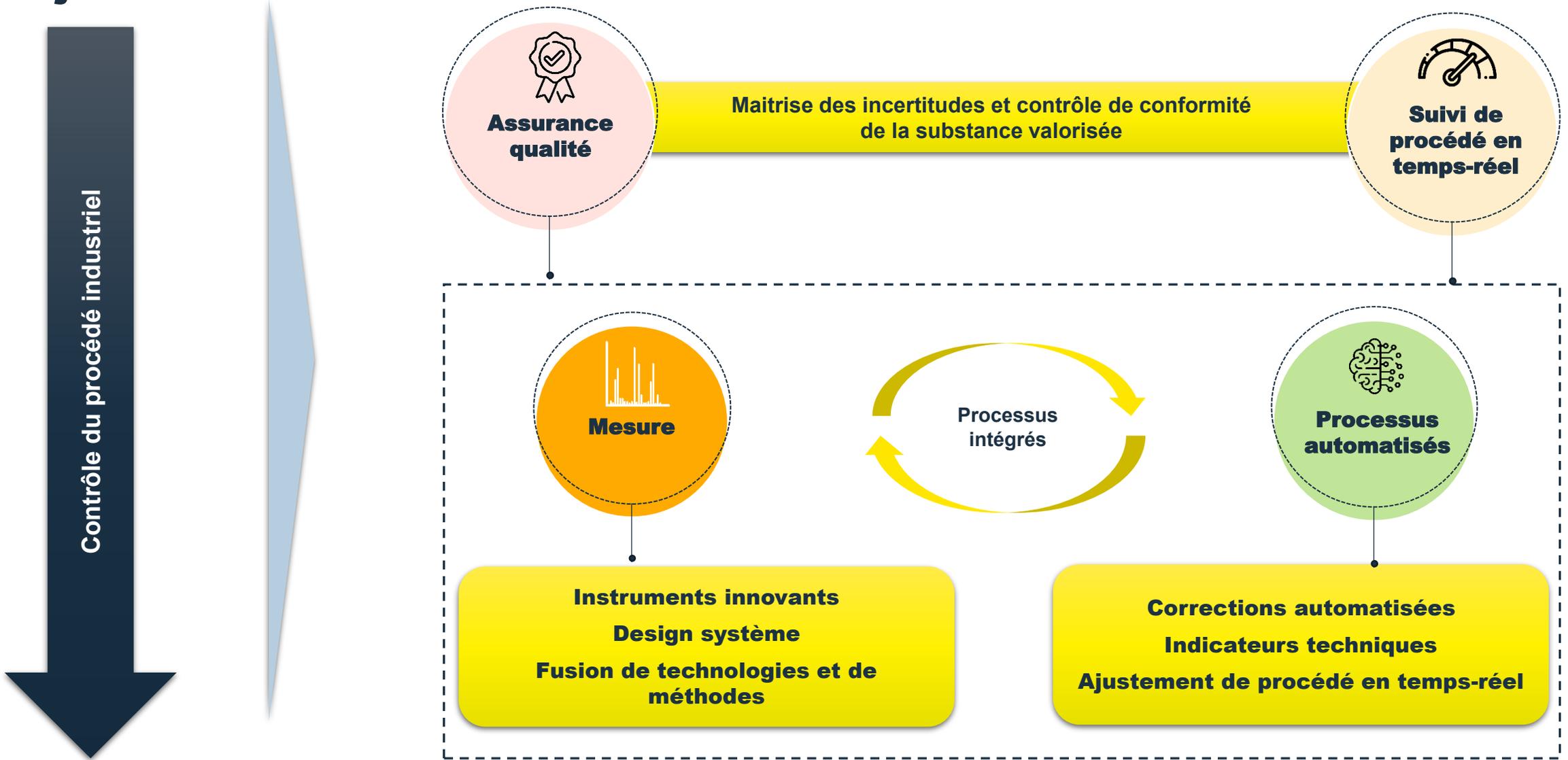
- Vérification de la compatibilité des entrants avec le procédé industriel
- Vérification de la déclaration du producteur des matériaux valorisables

Mesure et contrôle des **produits sortants** :

- Vérification de la conformité réglementaire
- Vérification de la qualité du produit fini en lien avec le besoin industriel



# 03 • Enjeu final



# 04 • Conclusion

## 04 • Conclusion et perspectives

**La réglementation pour la valorisation des substances faiblement contaminées est récente (2022) pour les substances métalliques uniquement**

**Elle s'appuie sur la dérogation à l'interdiction de libérer des matières et déchets radioactifs sous condition de respect des limites en concentration réglementaires**

**La preuve du respect de la réglementation réside pour partie dans la maîtrise des éléments techniques relatifs à la qualification du procédé et à la caractérisation des produits en entrée et en sortie de procédé**

**La stratégie de mesure et de contrôle radiologique s'appuie sur trois piliers:**

- **Maitrise des limites en concentration**
- **Qualification de procédé**
- **Stratégie de contrôle et d'assurance qualité**

**Les enjeux techniques induits par ces trois piliers sont adressés par Orano pour l'ensemble des projets de valorisation aujourd'hui en cours de développement (plomb, acier,...)**

**Merci de votre attention**

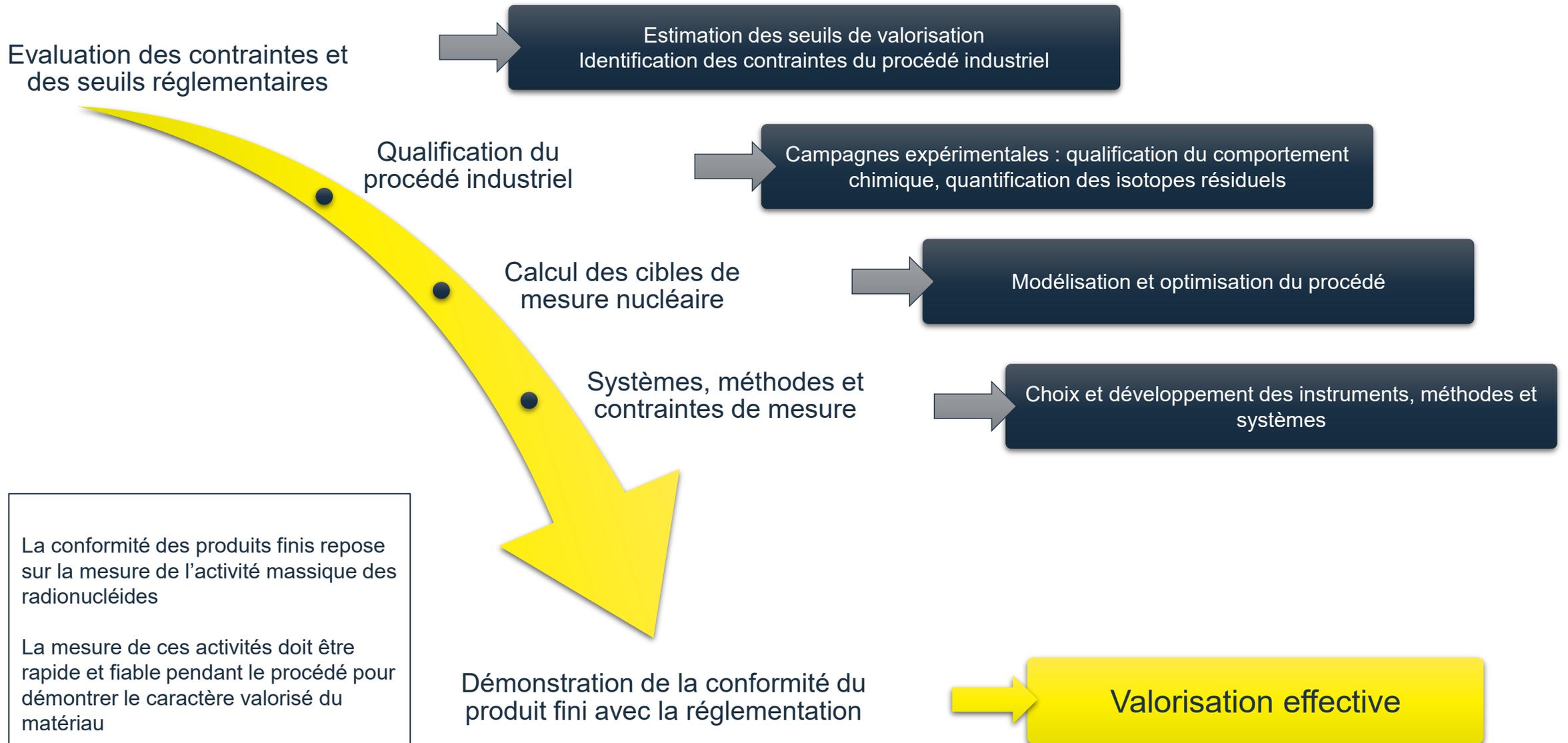




**orano**

Donnons toute sa valeur au nucléaire

## 03 • Axes de travail



La conformité des produits finis repose sur la mesure de l'activité massique des radionucléides

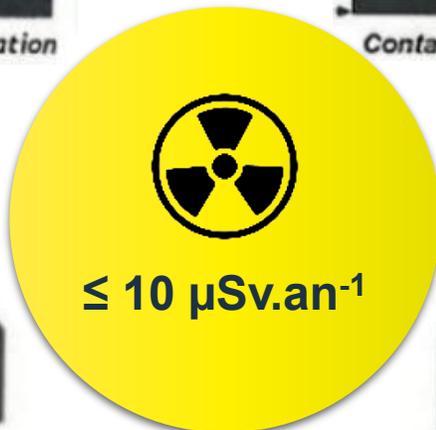
La mesure de ces activités doit être rapide et fiable pendant le procédé pour démontrer le caractère valorisé du matériau

## 03 • Considérations générales

Dosimétrie publique (France) ~ 4,5 mSv.an<sup>-1</sup>

Limite pour le public (exposition non naturelle) :  
1 mSv.an<sup>-1</sup>

Cible pour le matériau valorisé



La limite en concentration (Bq/g) réglementaire sera nommée « seuil de valorisation » dans l'ensemble des présentations et des documents, cette notion est appelée « seuil de libération » dans la documentation technique de référence (IAEA)

Règlementation Française

Règlementation Européenne

Décret  
2022-174

Décret  
2022-175

référence

Euratom 2013/59

Articles R1333-6-1/4 CSP

- Dérogation aux interdictions 1333-2 et 1333-3 si opération de valorisation dans une installation spécifique
- Trois conditions à respecter
  - Limite en concentration massique par radionucléide si le radionucléide est seul
  - Limite en concentration massique pour un spectre donnée en cas de mélange
  - Recalcul du seuil de valorisation si RN non présent dans l'annexe 13-8 du CSP; **dose efficace ajoutée** pour une **personne représentative** ≤ 10μSv/an; pour **toute condition d'exposition** ne pouvant pas être raisonnablement écartée, pour **tout usage** du produit de valorisation, et **aucun travailleur ne doit être classé**
- Contenu et modalités de présentation du dossier de dérogation

Annexe 13-8 CSP

Tableau 3 de l'annexe 13 – 8 : Radioactivité artificielle dans les matières solides  
Tableau des filiations à l'équilibre pour les chaînes naturelles

## 03 • Conception du procédé de mesure global

