



# Élaboration d'une chaîne de prévisions hydrométéorologiques proba horaires pour un usage opérationnel quotidien

Laurent CORON ([laurent.coron@edf.fr](mailto:laurent.coron@edf.fr)),  
Fabien RINALDI, Laetitia MOULIN,  
Damien PUYGRENIER

Colloque SHF 2023  
Prévision des crues et des inondations



# Contexte des prévisions opérationnelles à EDF Hydro DTG

## Prévisions opérationnelles à EDF Hydro DTG

- Depuis 1980, existence des centres opérationnels pour **l'anticipation des crues** (service 24h/24) et pour la gestion annuelle de l'eau (**prévisions d'apports de fonte et des étiages**)
- Depuis 2008, livraison de **prévisions des débits journaliers** (6 jours/7 avant 9h) déterministes puis probabilistes à partir de 2011 pour l'optimisation hebdomadaire de la production d'hydroélectricité
- Depuis 2015, livraison de **prévisions de débits horaires** pour l'anticipation des crues (avec trois scénarios déterministes : faible, central et fort)



Aider le passage des crues



Prévoir les apports  
de fonte nivale



Prévoir les étiages et  
volumes de soutien



Prévoir la disponibilité  
de la source froide

# Contexte des prévisions opérationnelles à EDF Hydro DTG

Production quotidienne de livrables (*Moulin et al., SHF 2018*)

**2008**

- Bulletins régionaux : **6**
- Seuils surveillés : **187**
- Bassins couverts par la modélisation : **~80**
- Prévisions de débits **journaliers deter J+6** : **~ 30**

**2018**

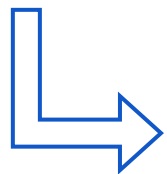
- Bulletins régionaux : **5**
- Seuils surveillés : **240** (+33%)  
répartis sur 73 sites
- Bassins couverts par la modélisation : **~160** (+100%)
- Prévisions de débits **journaliers proba J+13** : **~ 70**

# Évolution des besoins => évolutions des processus

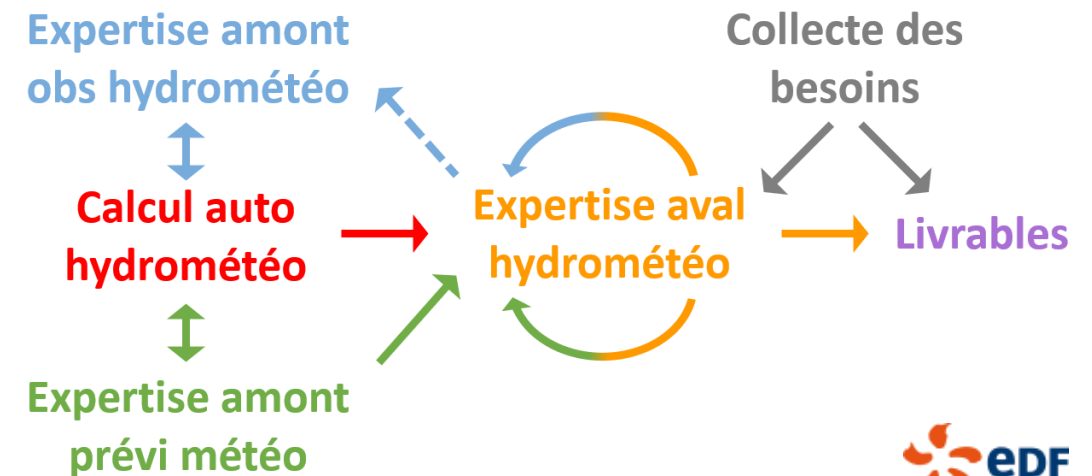
- Demandes croissantes de prévisions numériques
  - efficacité requise dans les gestes métier
  - approche basée sur des **traitements semi-automatiques avec débrayage manuel si besoin**
- Combinaison d'usages de diverses natures (ex. anticipation crue + optimisation volume)
  - inadaptation de l'approche historique « un besoin = une approche méthodologique »
  - généralisation du **pas de temps horaire** pour tous les outils de prévision opérationnelle
- Profondeur d'échéance toujours plus grande mais en conservant une fiabilité
  - approche **probabiliste** des prévisions météorologiques

# Évolution des besoins => évolutions des processus

- Demandes croissantes de prévisions numériques
  - efficacité requise dans les gestes métier
  - approche basée sur des **traitements semi-automatiques avec débrayage manuel si besoin**
- Combinaison d'usages de diverses natures (ex. anticipation crue + optimisation volume)
  - inadaptation de l'approche historique « un besoin = une approche méthodologique »
  - généralisation du **pas de temps horaire** pour tous les outils de prévision opérationnelle
- Profondeur d'échéance toujours plus grande mais en conservant une fiabilité
  - approche **probabiliste** des prévisions météorologiques

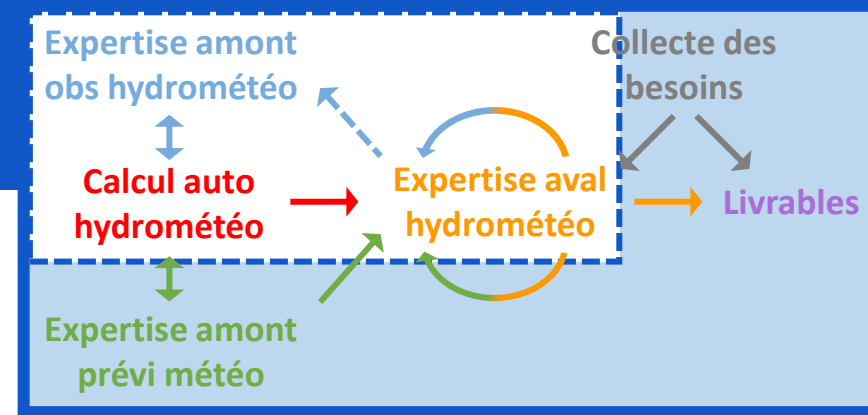


Couplage entre une chaîne **automatique** de calculs hydrométéo **probabilistes horaires** et des **outils de reprise**



# Expertise amont des observations hydrométéorologiques

- Collecte des observations, à chaque acquisition (1 fois / heure)
- Détections, reconstitutions et calculs automatiques (1 fois / heure)
  - **détections auto horaires** des problèmes sur les **données capteurs**
  - **reconstitutions auto horaires des données capteurs** sur base de combinaisons linéaires paramétrées (issues de voisins ou ANTILOPE)
  - **calculs auto horaires des entrées du modèle** hydrologique pour les bassins modélisés : pluie moyenne, température de bassin, débit exutoire
- Supervision, pilotage et reprise manuelle
  - **supervision humaine** des détections / reconstitutions auto (1 fois / jour)
  - **ajustement** des modes de reconstitution auto (1-2 fois / semaine)
  - **approfondissement** par extension de période d'étude et **analyse intégrée** du comportement du bassin et du modèle hydrologique (si possible en temps différé)



Collecter  
les données  
obs. passées

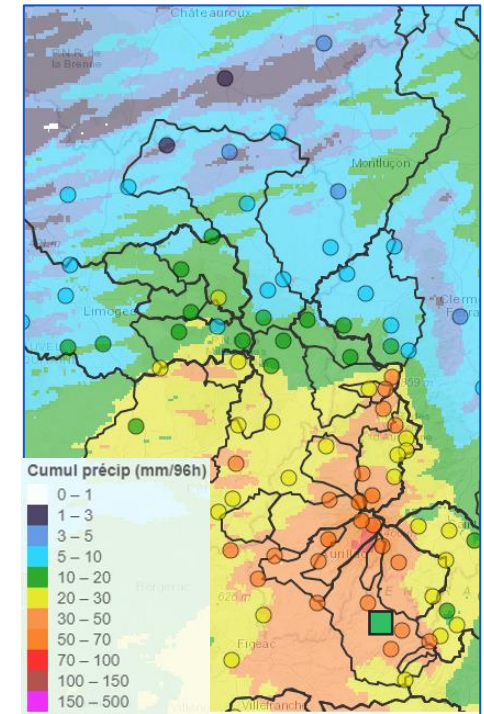
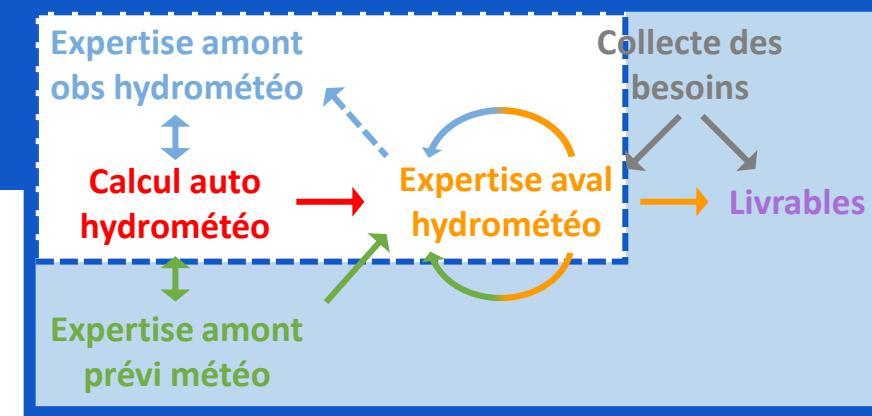
Précalibrer  
les données  
obs. passées

Détecter les  
défauts et piloter  
les reconstitutions

Consolider  
la modélisation  
hydrologique locale

# Expertise amont des observations hydrométéorologiques

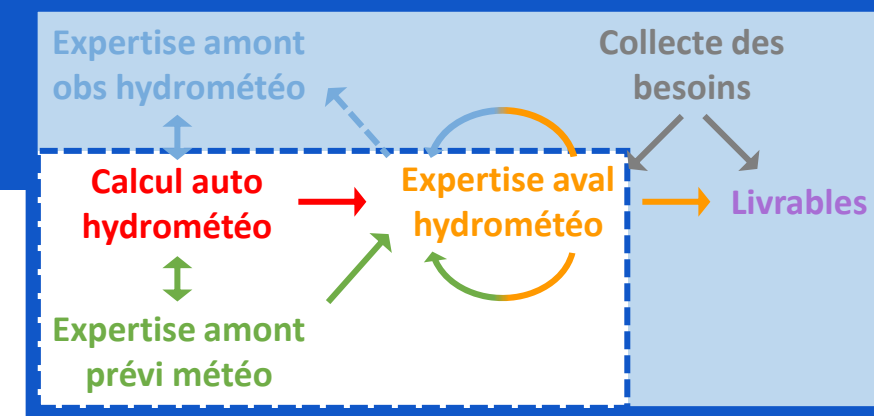
- Collecte des observations, à chaque acquisition (1 fois / heure)
- Détections, reconstitutions et calculs automatiques (1 fois / heure)
  - **détections auto horaires** des problèmes sur les **données capteurs**
  - **reconstitutions auto horaires des données capteurs** sur base de combinaisons linéaires paramétrées (issues de voisins ou ANTILOPE)
  - **calculs auto horaires des entrées du modèle** hydrologique pour les bassins modélisés : pluie moyenne, température de bassin, débit exutoire
- Supervision, pilotage et reprise manuelle
  - **supervision humaine** des détections / reconstitutions auto (1 fois / jour)
  - **ajustement** des modes de reconstitution auto (1-2 fois / semaine)
  - **approfondissement** par extension de période d'étude et **analyse intégrée** du comportement du bassin et du modèle hydrologique (si possible en temps différé)





# Expertise amont des prévisions de forçages météorologiques

- Collecte des grilles de prévisions de P et T (à chaque run météo)
- Construction des forçages météo par bassin (1 fois / heure)
  - **extraction proba horaires des forçages** des bassins modélisés : pluie moyenne, température de bassin
  - **débiaisage, si nécessaire** (ex. correction additive T, avec ajustement dynamique)
  - construction d'un **ensemble auto de 50 scénarios proba horaires multi-modèles** (mélange de AROME-EPS, ARPEGE-EPS et IFS-EPS et des déterministes associés)
- Analyse et reprise humaine (minimum 1 fois par jour)
  - **analyse des prévisions météorologiques**
  - si pertinent, **construction d'un ensemble régional de 50 scénarios proba horaires** via interface de sélection / pondération, cf. [\*Rinaldi et al., SHF 2023\*](#)



Décoder  
les données  
météo futures

Précalibrer  
les données  
météo futures

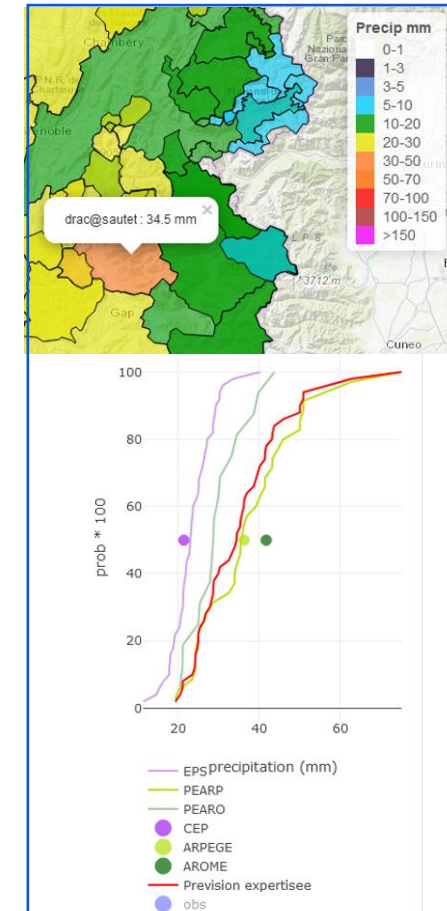
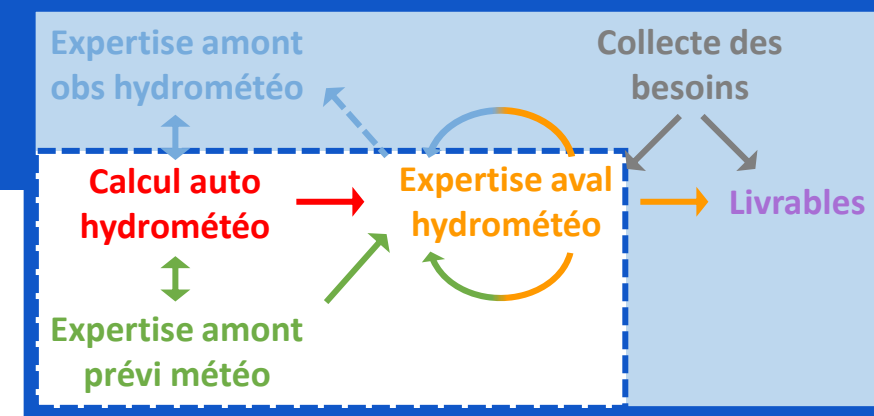
Analyser les  
prévisions météo

Construire  
les scénarios météo  
de forçages régionaux



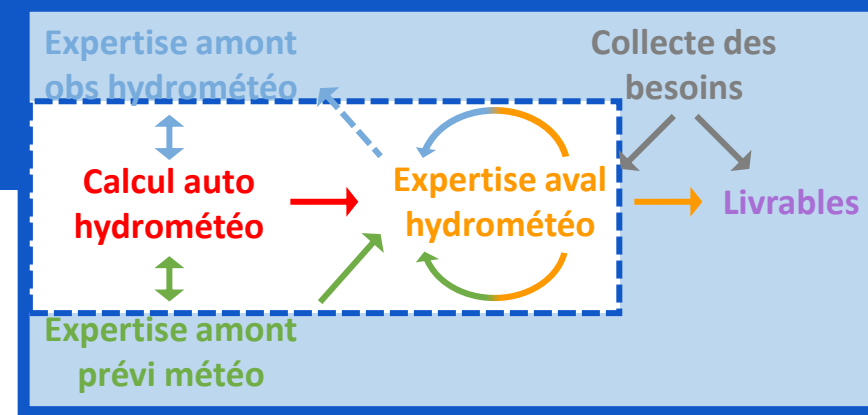
# Expertise amont des prévisions de forçages météorologiques

- Collecte des grilles de prévisions de P et T (à chaque run météo)
- Construction des forçages météo par bassin (1 fois / heure)
  - **extraction proba horaires des forçages** des bassins modélisés : pluie moyenne, température de bassin
  - **débiaisage, si nécessaire** (ex. correction additive T, avec ajustement dynamique)
  - construction d'un **ensemble auto de 50 scénarios proba horaires multi-modèles** (mélange de AROME-EPS, ARPEGE-EPS et IFS-EPS et des déterministes associés)
- Analyse et reprise humaine (minimum 1 fois par jour)
  - **analyse des prévisions météorologiques**
  - si pertinent, **construction d'un ensemble régional de 50 scénarios proba horaires** via interface de sélection / pondération, cf. [\*Rinaldi et al., SHF 2023\*](#)



# Calcul et expertise aval hydrométéorologique

- Calculs hydrologiques automatiques (1 fois / heure)
  - **modélisation pluie-débit auto proba horaires**
  - **post-traitements auto** de la prévision de débit
- Analyse et reprise humaine (minimum 1 fois par jour)
  - **analyse intégrée du comportement du bassin et du modèle hydrologique**
  - si nécessaire, reprise des entrées du modèle et capitalisation dans les bases d'obs.
  - si pertinent, **construction d'un ensemble local de 50 scénarios proba horaires** pour régler les problèmes de descente d'échelle
  - **consolidation des prévisions** de débit en vue de la diffusion ( $Q_H$  et  $Q_J$ )



Calculer  
la transformation  
hydrologique

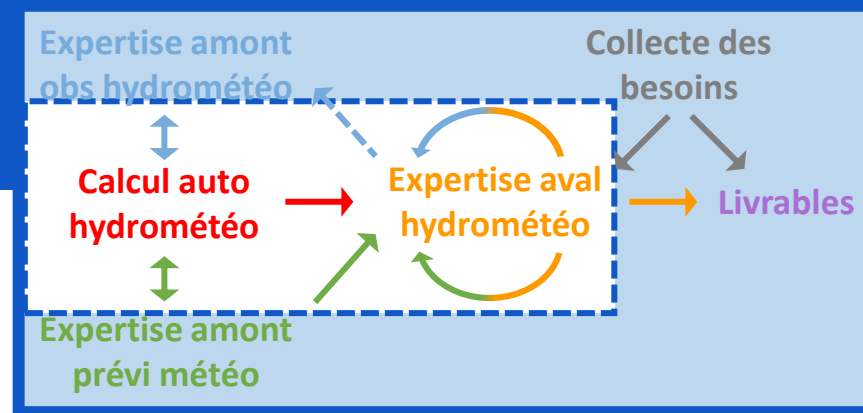
Consolider  
la modélisation  
hydrologique locale

Consolider  
les scénarios météo  
de forçages locaux

Consolider  
les prévisions  
de débits

# Calcul et expertise aval hydrométéorologique

- Calculs hydrologiques automatiques (1 fois / heure)
  - **modélisation pluie-débit auto proba horaires**
  - **post-traitements auto** de la prévision de débit
- Analyse et reprise humaine (minimum 1 fois par jour)
  - **analyse intégrée du comportement du bassin et du modèle hydrologique**
  - si nécessaire, reprise des entrées du modèle et capitalisation dans les bases d'obs.
  - si pertinent, **construction d'un ensemble local de 50 scénarios proba horaires** pour régler les problèmes de descente d'échelle
  - **consolidation des prévisions** de débit en vue de la diffusion ( $Q_H$  et  $Q_J$ )

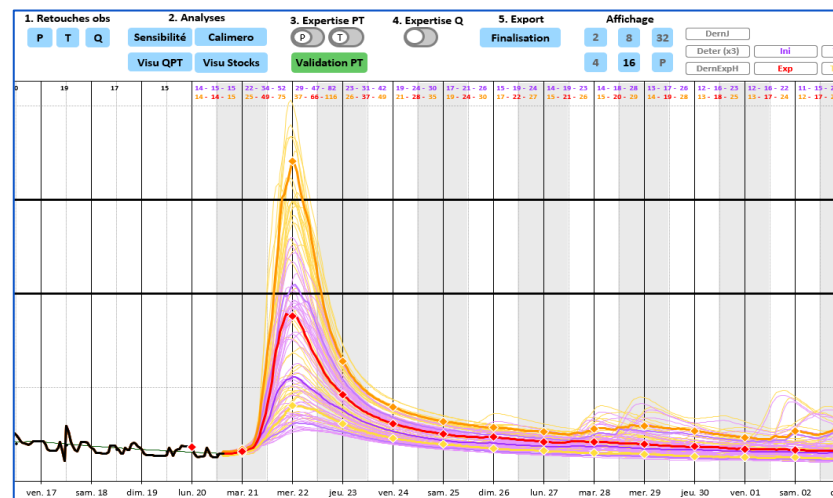
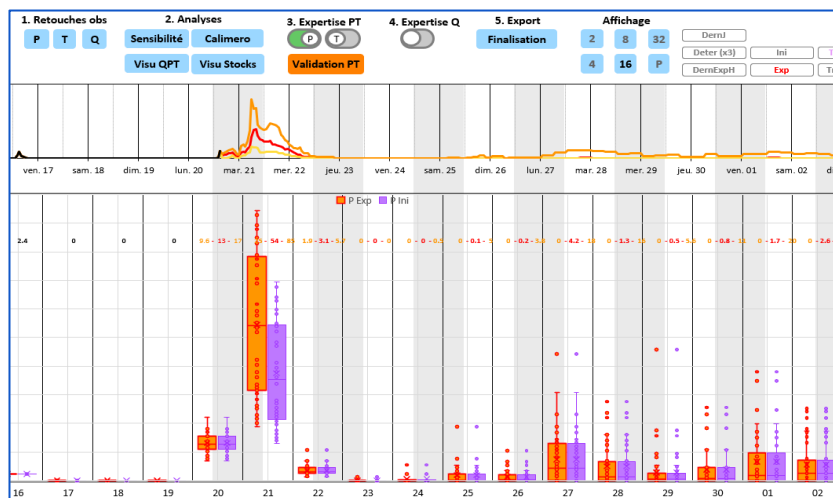


Calculer  
la transformation  
hydrologique

Consolider  
la modélisation  
hydrologique locale

Consolider  
les scénarios météo  
de forçages locaux

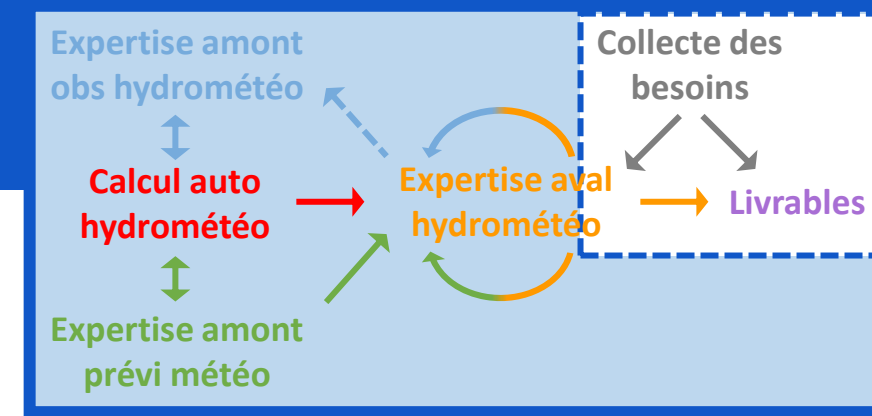
Consolider  
les prévisions  
de débits



nouveautés en  
déploiement

# Collecte des besoins de prévisions et génération des livrables

- Collecte des besoins de prévisions de débits
  - **collecte des enjeux des clients** de la prévision (ex. contraintes de gestion techniques ou économiques)
  - **détection assistée des dépassements de seuils d'alerte** à venir
- Génération, diffusion et accompagnement des livrables
  - **cadre standardisé de mise en forme** visuel (graphe, tableaux) co-construit avec les principaux destinataires
  - **diffusion multi-plateforme** : envoi de mails, dépôt sur site web, appli smartphone interne EDF, notifications SMS
  - service d'**accompagnement téléphonique** des prévisions
- **Nouveaux débouchés**
  - couplage des prévisions de débits avec des règles de gestion des barrages pour améliorer les prises de décision face aux crues  
*Puygrenier et al., SHF 2023*



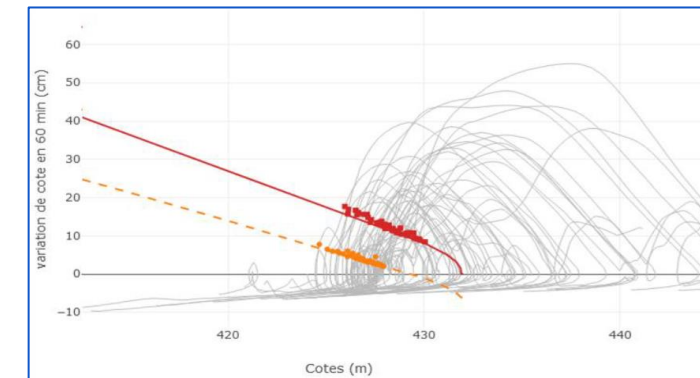
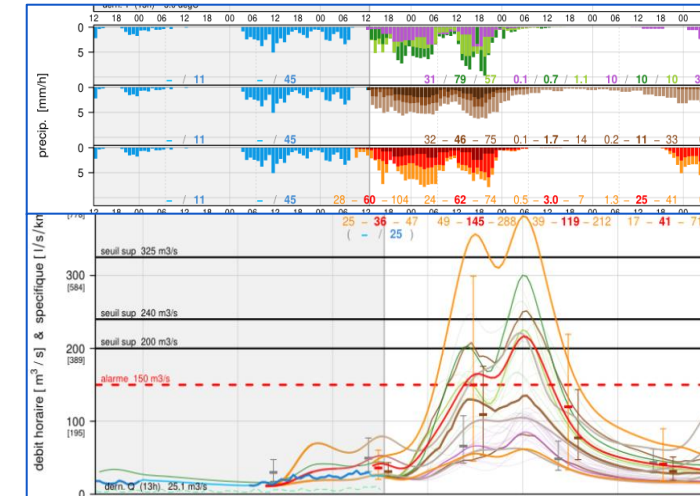
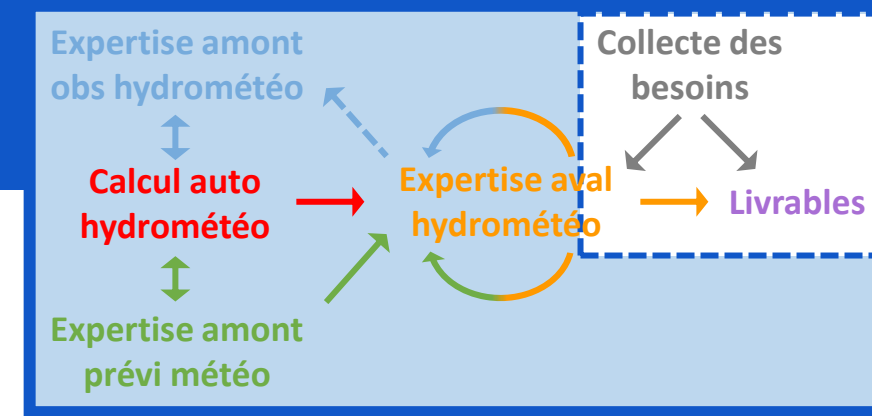
Détecter, collecter  
les besoins de  
prévisions de débit

Mettre en forme,  
diffuser, accompagner  
les prévisions



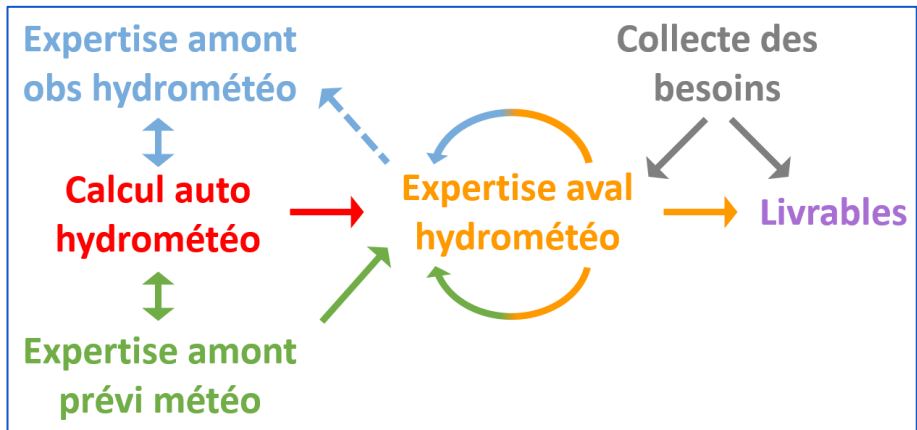
# Collecte des besoins de prévisions et génération des livrables

- Collecte des besoins de prévisions de débits
  - **collecte des enjeux des clients** de la prévision (ex. contraintes de gestion techniques ou économiques)
  - **détection assistée des dépassements de seuils d'alerte à venir**
- Génération, diffusion et accompagnement des livrables
  - **cadre standardisé de mise en forme visuel** (graphe, tableaux) co-construit avec les principaux destinataires
  - **diffusion multi-plateforme** : envoi de mails, dépôt sur site web, appli smartphone interne EDF, notifications SMS
  - service d'**accompagnement téléphonique** des prévisions
- **Nouveaux débouchés**
  - couplage des prévisions de débits avec des règles de gestion des barrages pour améliorer les prises de décision face aux crues  
*Puygrenier et al., SHF 2023*

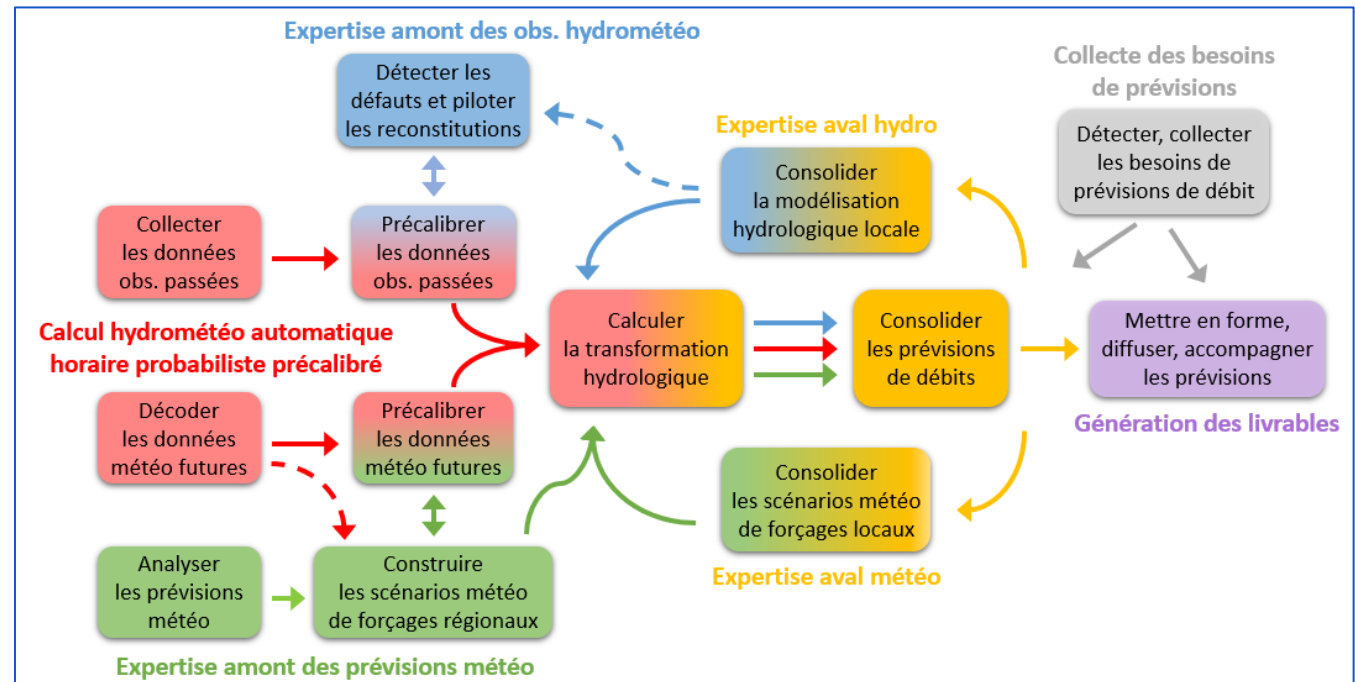


# Schéma détaillé d'architecture

## Schéma général



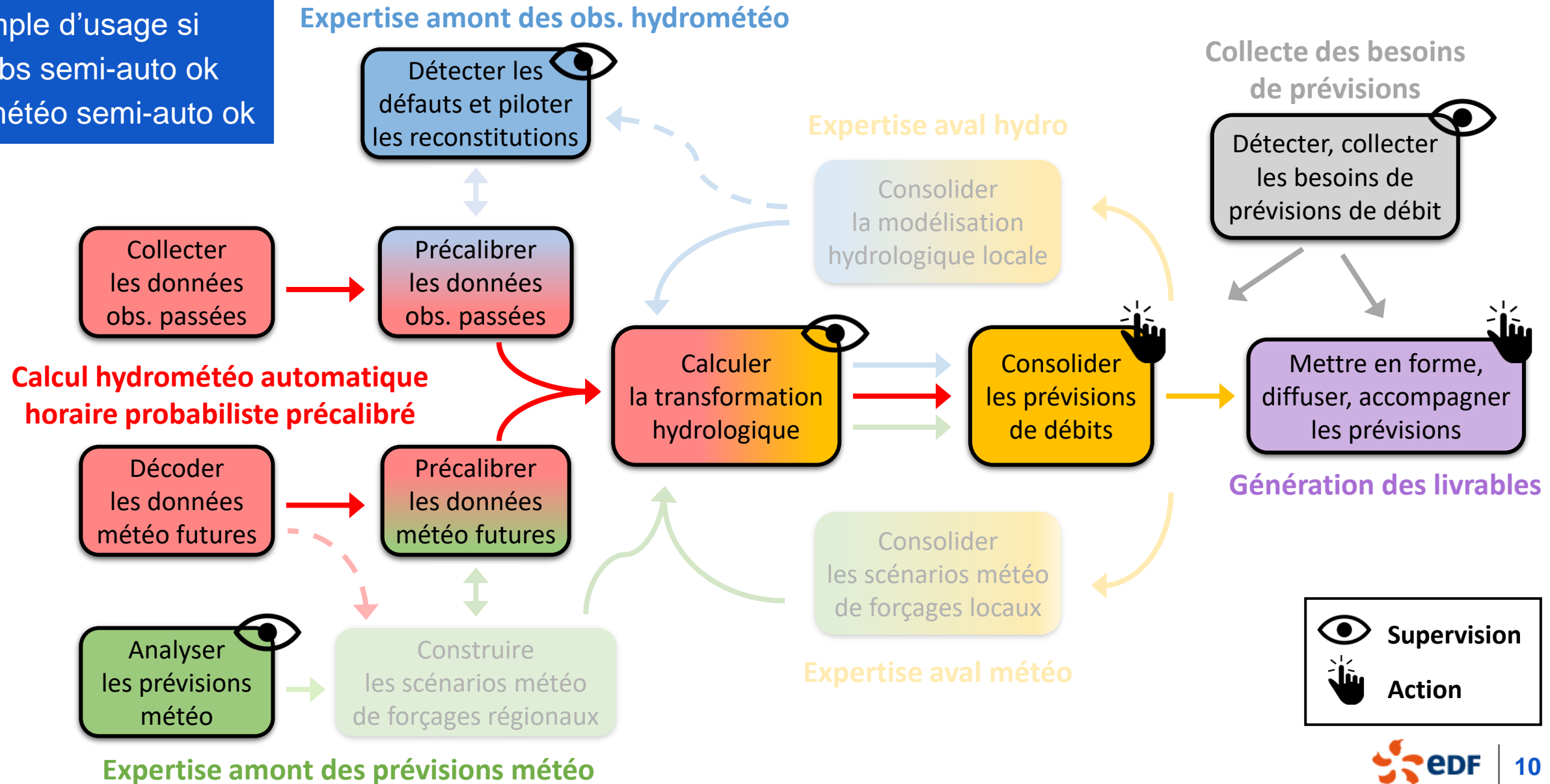
## Schéma détaillé



# Schéma détaillé d'architecture & exemples d'usages

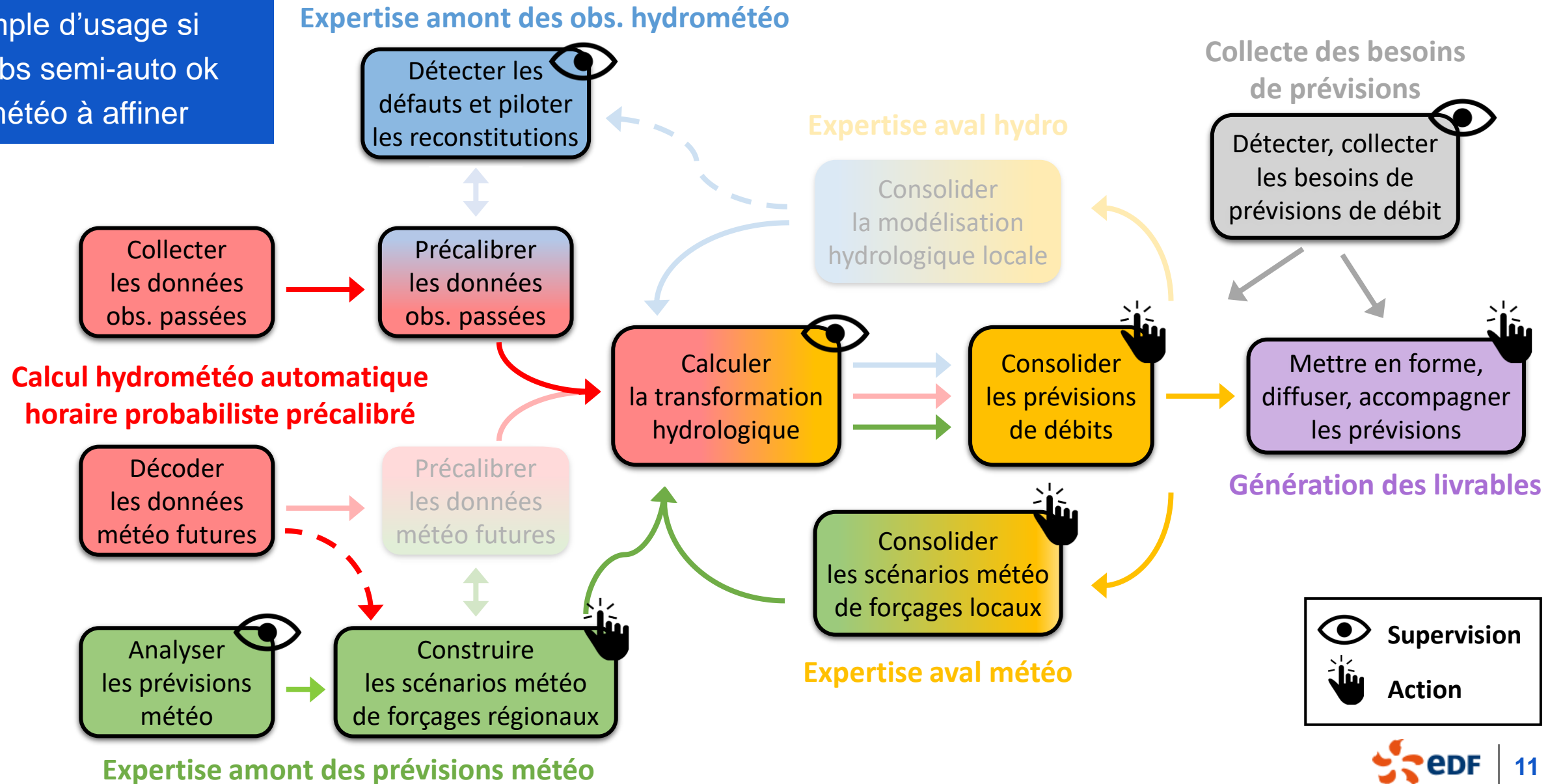
Exemple d'usage si

- ✓ obs semi-auto ok
- ✓ météo semi-auto ok



# Schéma détaillé d'architecture & exemples d'usages

Exemple d'usage si  
✓ obs semi-auto ok  
✗ météo à affiner

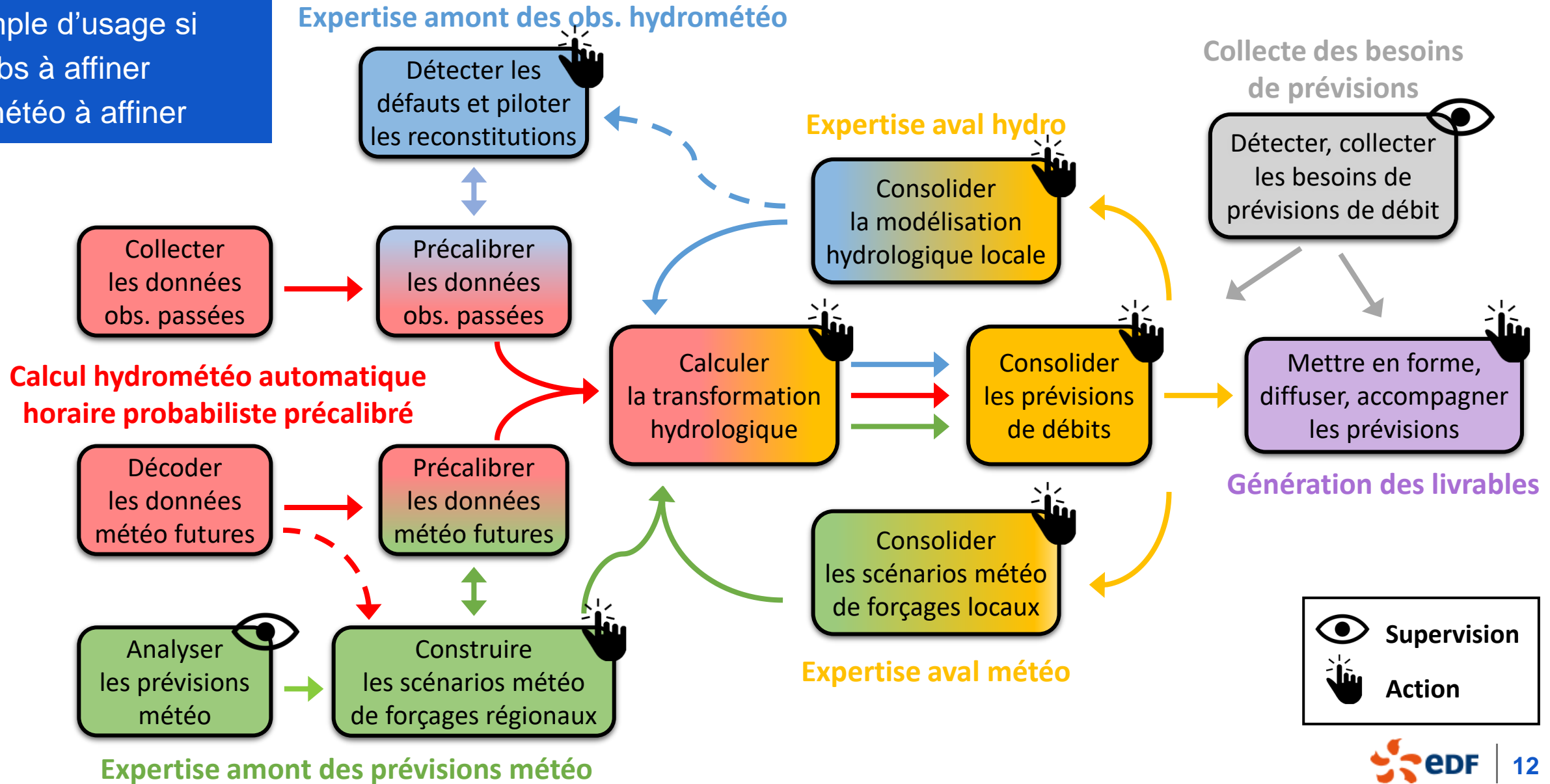




# Schéma détaillé d'architecture & exemples d'usages

## Exemple d'usage si

- ✗ obs à affiner
- ✗ météo à affiner



# Perspectives des prévisions opérationnelles à EDF Hydro DTG

## Production quotidienne de livrables

- 2008**
- Bulletins régionaux : **6**
  - Seuils surveillés : **187**
  - Bassins couverts par la modélisation : **~80**
  - Prévisions de débits **journaliers deter J+6** : **~ 30**

- 2018**
- Bulletins régionaux : **5**
  - Seuils surveillés : **240** (+33%) répartis sur 73 sites
  - Bassins couverts par la modélisation : **~160** (+100%)
  - Prévisions de débits **journaliers proba J+13** : **~ 70**

- 2025**
- Bulletins régionaux : **2 à 6** (-100% à +100%)
  - Seuils surveillés : **250 à 300** (+10% à +25%) répartis sur plus de 80 sites
  - Bassins couverts par la modélisation : **~260 à 320** (+150% à +320%)
  - Prévisions de débits **horaires proba J+28** : **~ 50 à 140** (-30% à +100%)
- + Premières **prévisions saisonnières** de fonte et d'étiages en **proba horaire**

# Perspectives des prévisions opérationnelles à EDF Hydro DTG

## Production quotidienne de livrables

- 2008**
- Bulletins régionaux : **6**
  - Seuils surveillés : **187**
  - Bassins couverts par la modélisation : **~80**
  - Prévisions de débits journaliers **deter J+6** : **~ 30**

- 2018**
- Bulletins régionaux : **5**
  - Seuils surveillés : **240** (+33%) répartis sur 73 sites
  - Bassins couverts par la modélisation : **~160** (+100%)
  - Prévisions de débits journaliers **proba J+13** : **~ 70**

**2025**

- Bulletins régionaux : **2 à 6** (-100% à +100%)
  - Seuils surveillés : **250 à 300** (+10% à +25%) répartis sur plus de 80 sites
  - Bassins couverts par la modélisation : **~260 à 320** (+150% à +320%)
  - Prévisions de débits horaires **proba J+28** : **~ 50 à 140** (-30% à +100%)
- + Premières **prévisions saisonnières** de fonte et d'étiages en **proba horaire**

***Bilan à la SHF 2028 !***



# *Merci*

**Élaboration d'une chaîne de prévisions  
hydrométéorologiques proba horaires  
pour un usage opérationnel quotidien**

Laurent CORON ([laurent.coron@edf.fr](mailto:laurent.coron@edf.fr)),  
Fabien RINALDI, Laetitia MOULIN, Damien PUYGRENIER

Colloque SHF 2023  
Prévision des crues et des inondations