

L'IA au service des réseaux d'assainissement : réduction de la consommation énergétique des postes de relevage grâce à l'apprentissage par renforcement

Lesley-Ann Duflot*, Nicolas Faurant,
Gabriel Guibu Pereira, Zidaoui Imane,
Ayoub Lasri, Soufiane Alouajaji

* intervenante



CONTEXTE ET ENJEU

Contraintes réglementaires strictes

Les normes de performance et de sécurité imposées par la réglementation exigent des systèmes plus efficaces et fiables.

Pression due à l'urbanisation

L'urbanisation rapide accroît la demande sur les réseaux d'assainissement, mettant en danger leur performance et leur durabilité.

Impacts du changement climatique

Les épisodes pluvieux imprévisibles compliquent la gestion des réseaux d'assainissement et augmentent les risques de débordements.

Nécessité d'innovations techniques

Il est crucial d'adopter des solutions innovantes pour améliorer l'efficacité énergétique et garantir la continuité du service d'assainissement.





ARCHITECTURE GLOBALE DE LA SOLUTION



Serveur distant



Unité terminale



Poste de relevage



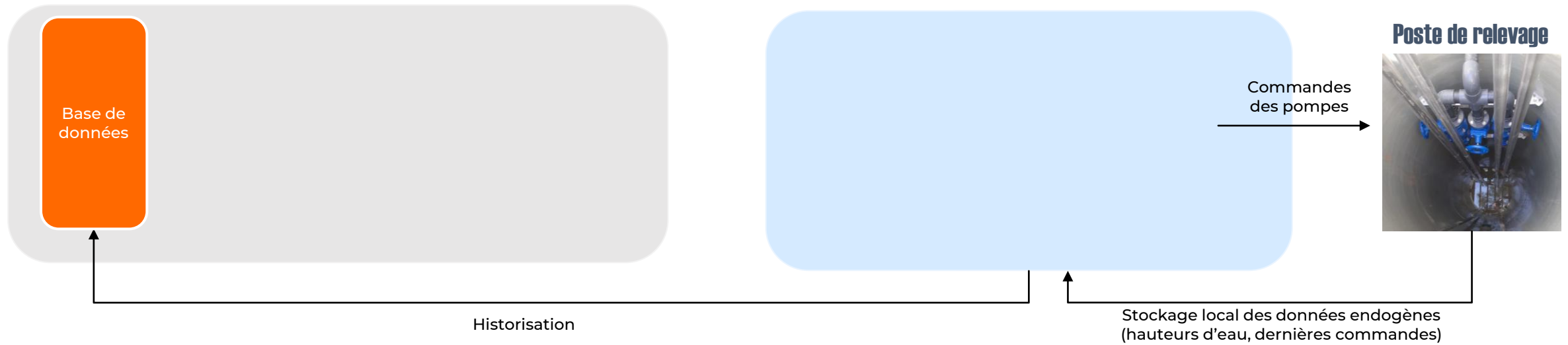
Commandes
des pompes

Stockage local des données endogènes
(hauteurs d'eau, dernières commandes)

Serveur distant



Unité terminale

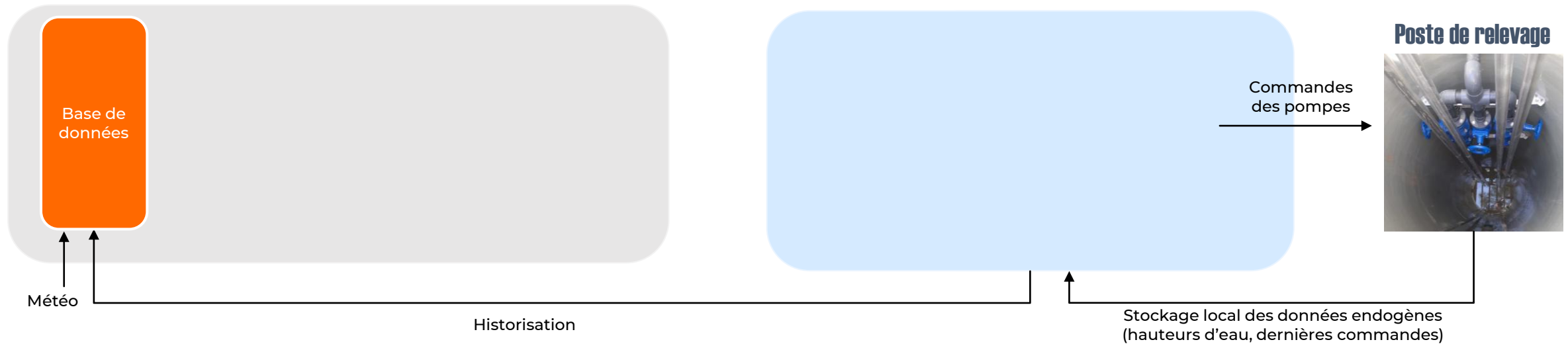


Les capteurs terrain mesurent les niveaux d'eau, l'état des pompes et la consommation électrique pour une surveillance précise.

Serveur distant

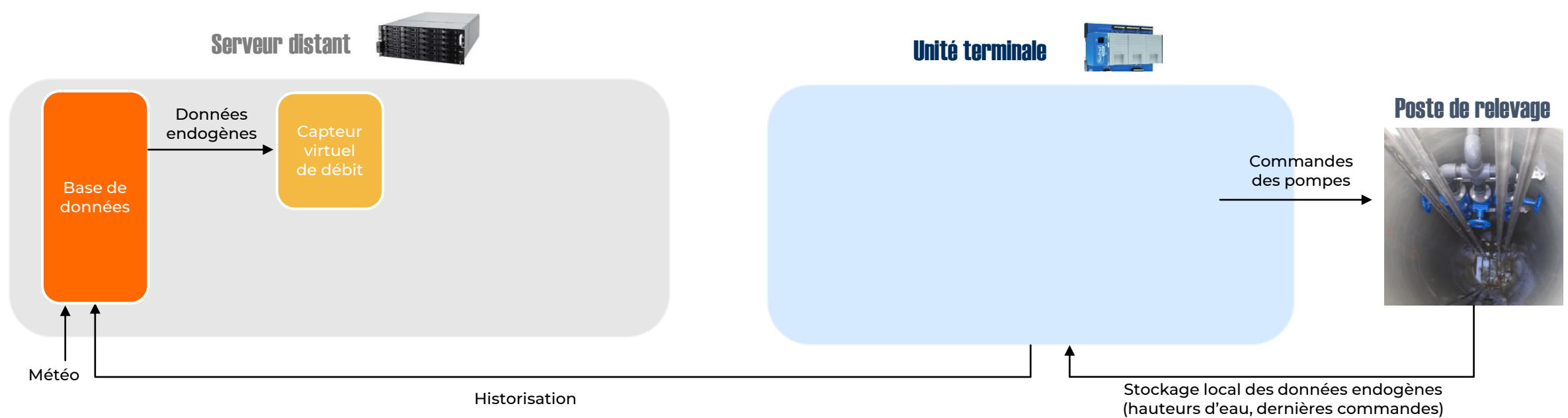


Unité terminale



Les capteurs terrain mesurent les niveaux d'eau, l'état des pompes et la consommation électrique pour une surveillance précise.

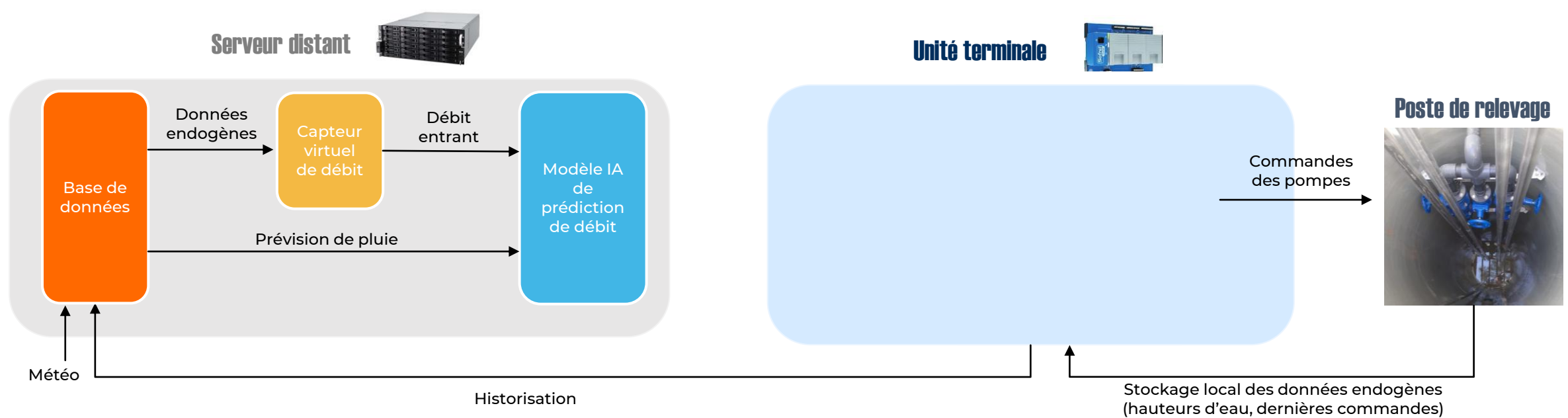
Le modèle Piaf anticipe les apports hydrauliques en se basant sur des prévisions météorologiques précises.



Les capteurs terrain mesurent les niveaux d'eau, l'état des pompes et la consommation électrique pour une surveillance précise.

Le modèle Piaf anticipe les apports hydrauliques en se basant sur des prévisions météorologiques précises.

Le capteur virtuel calcule le débit à partir de l'historique des niveaux d'eau et des actions des pompes.

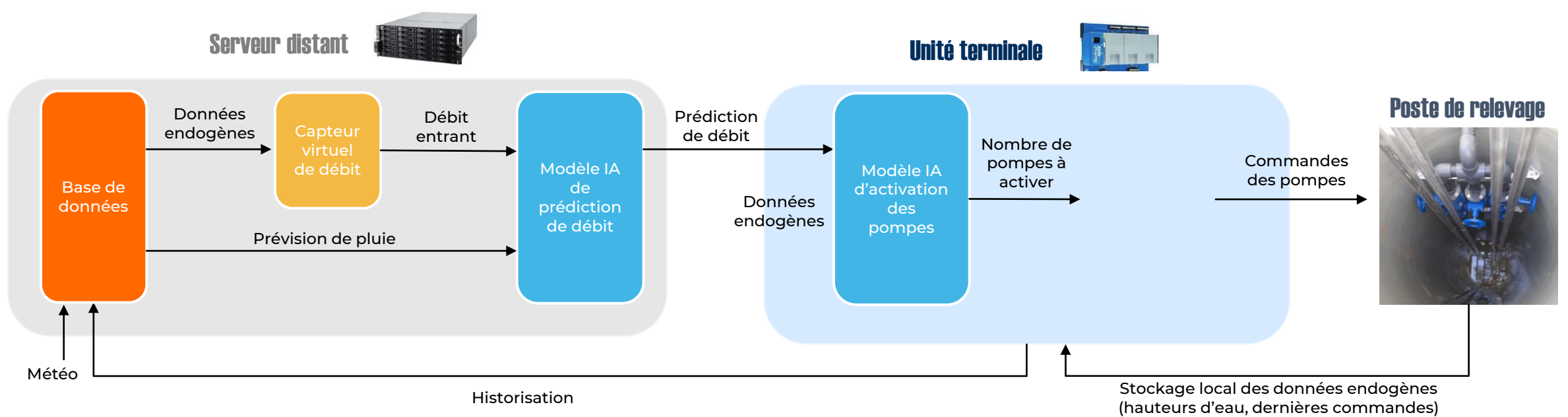


Les capteurs terrain mesurent les niveaux d'eau, l'état des pompes et la consommation électrique pour une surveillance précise.

Le modèle Piaf anticipe les apports hydrauliques en se basant sur des prévisions météorologiques précises.

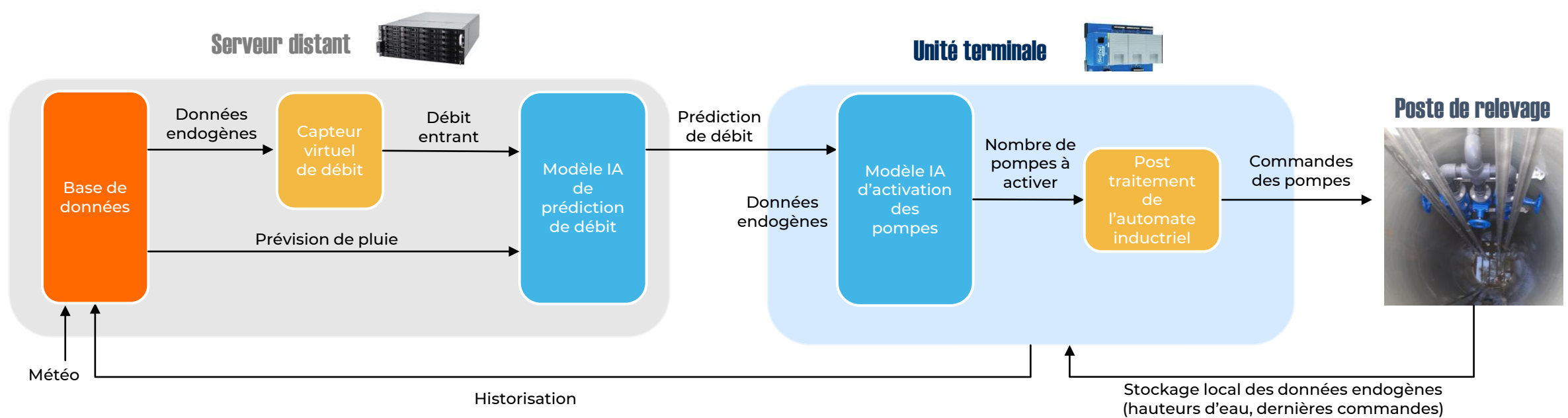
Le capteur virtuel calcule le débit à partir de l'historique des niveaux d'eau et des actions des pompes.

Un modèle RNN utilise les données des dernières heures pour estimer le débit entrant sur deux heures à venir. Le modèle est réactualisé toutes les cinq minutes pour anticiper précisément les épisodes pluvieux.



Un modèle évalue le niveau d'eau, la prédiction de débit et l'état des pompes pour décider du nombre de pompes à activer.

La fonction de récompense minimise la consommation énergétique et respecte la zone de manœuvre sécurisée. L'entraînement a été réalisé par renforcement sur une simulation du poste de relevage.

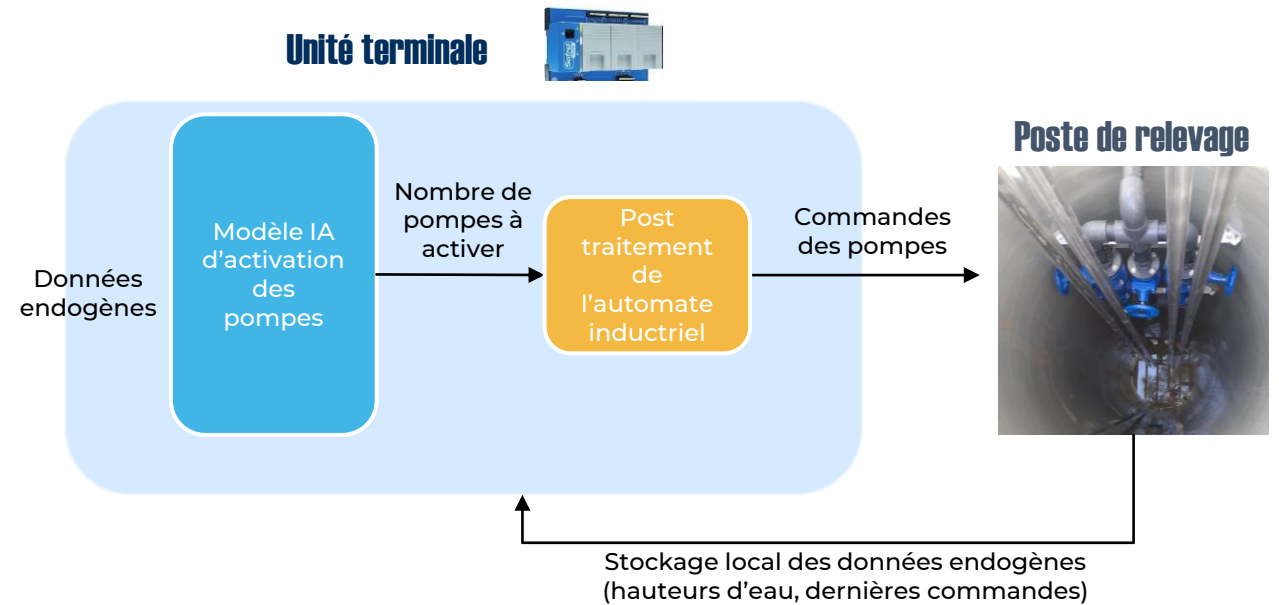


Un modèle évalue le niveau d'eau, la prédiction de débit et l'état des pompes pour décider du nombre de pompes à activer.

La fonction de récompense minimise la consommation énergétique et respecte la zone de manœuvre sécurisée. L'entraînement a été réalisé par renforcement sur une simulation du poste de relevage.

Le post-traitement via automate industriel intègre les contraintes métier et garantit la sécurité du système.

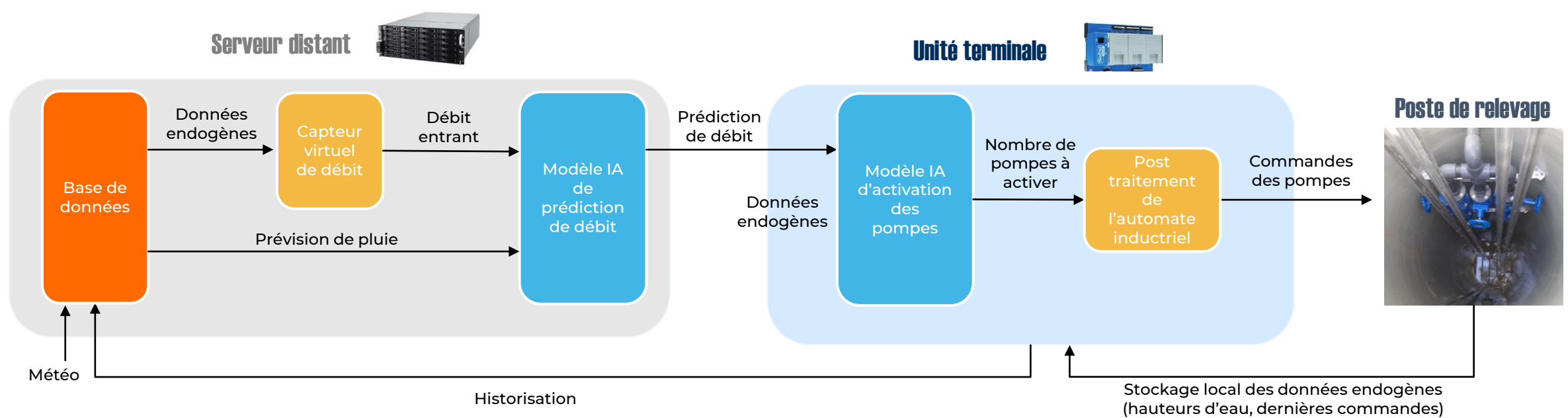
Des conditions aux limites permettent de passer automatiquement au mode classique en cas de dépassement ou divergence du modèle IA.



Un modèle évalue le niveau d'eau, la prédiction de débit et l'état des pompes pour décider du nombre de pompes à activer.

La fonction de récompense minimise la consommation énergétique et respecte la zone de manœuvre sécurisée. L'entraînement a été réalisé par renforcement sur une simulation du poste de relevage.

Le modèle continue à fonctionner de façon autonome même en cas de perte de connexion avec le serveur central.



Un modèle évalue le niveau d'eau, la prédiction de débit et l'état des pompes pour décider du nombre de pompes à activer.

La fonction de récompense minimise la consommation énergétique et respecte la zone de manœuvre sécurisée. L'entraînement a été réalisé par renforcement sur une simulation du poste de relevage.

Le post-traitement via automate industriel intègre les contraintes métier et garantit la sécurité du système.

Des conditions aux limites permettent de passer automatiquement au mode classique en cas de dépassement ou divergence du modèle IA.

La supervision humaine est réalisée avec des tableaux de bord en temps réel pour garantir robustesse et continuité de service.

La mise à jour des modèles peut être faite à distance.



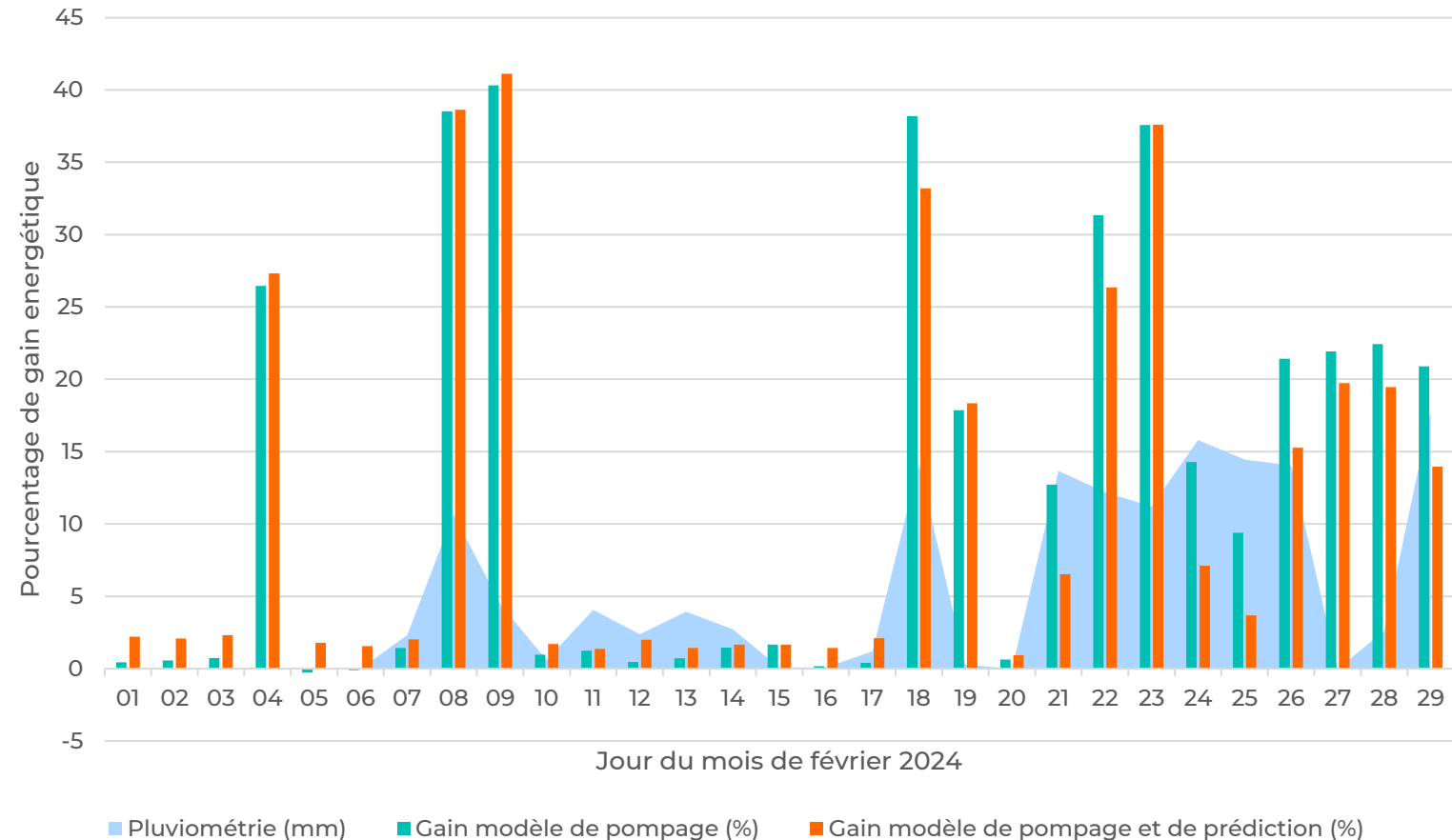
PERFORMANCES



Comparaison des performances

Le pilotage par IA permet des économies d'énergie supérieures à 30 % lors de fortes pluies grâce à une gestion optimisée.

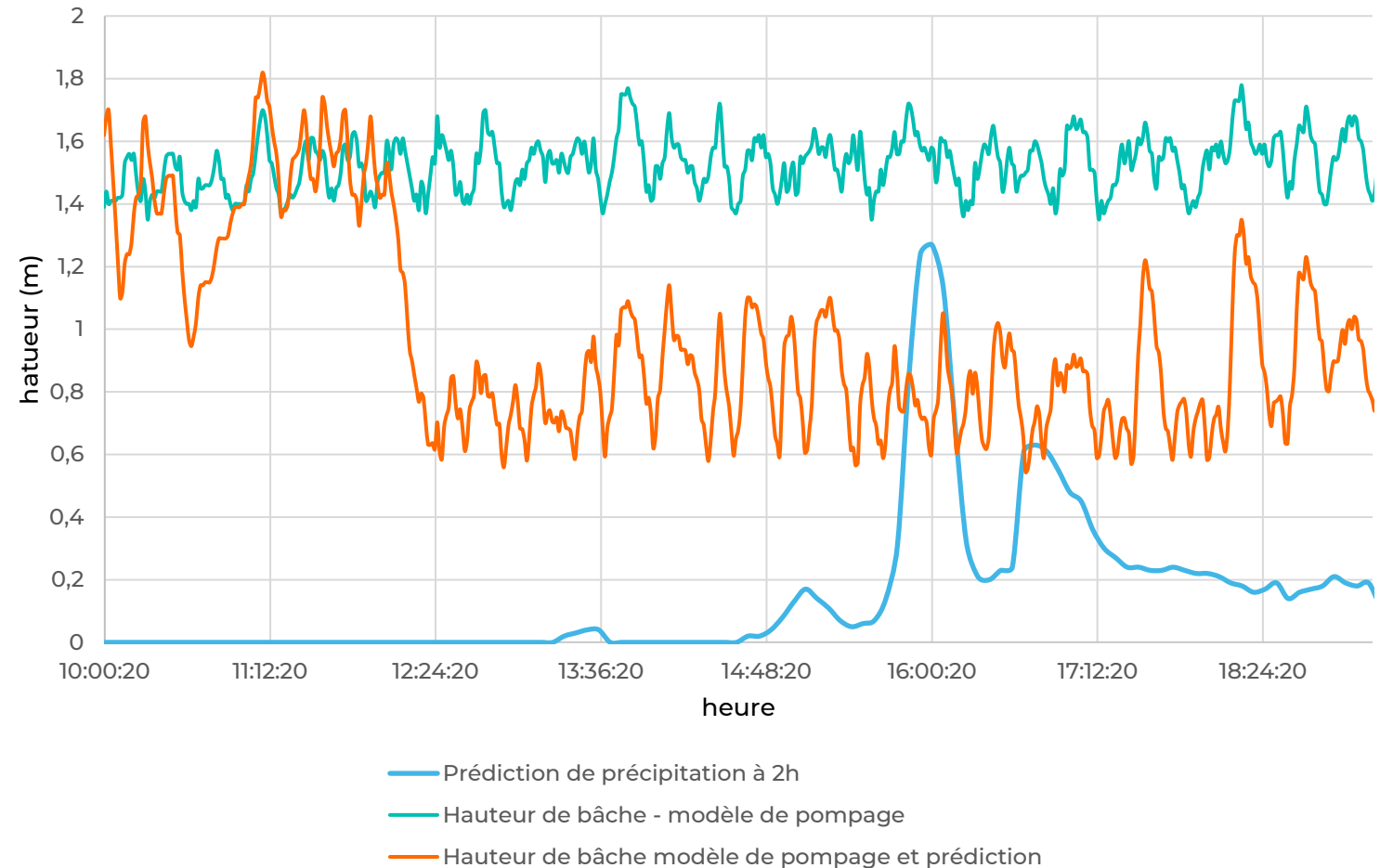
En période sèche, les gains énergétiques sont limités en raison du faible volume de pompage nécessaire.



Apport de la prédiction de débit

Le modèle prédit les épisodes pluvieux pour une meilleure anticipation des débits entrants dans les installations.

La vidange proactive des installations réduit les risques de débordement lors de fortes pluies et garantissent la conformité réglementaire et la protection environnementale.



CONCLUSION

Amélioration de la performance énergétique

- L'intégration de l'IA embarquée permet de réduire la consommation d'énergie des pompes dans les réseaux d'assainissement.

Robustesse et sécurité accrues

- L'IA renforce la fiabilité et la sécurité des infrastructures en assurant un pilotage précis et adapté.
- Le système fonctionne toujours en cas de rupture de communication avec le serveur central.

Validation par tests réels

- Les tests ont démontré une amélioration de plus de 30 % en conditions pluvieuses, assurant continuité et conformité.



CONCLUSION

Amélioration de la performance énergétique

- L'intégration de l'IA embarquée permet de réduire la consommation d'énergie des pompes dans les réseaux d'assainissement.

Robustesse et sécurité accrues

- L'IA renforce la fiabilité et la sécurité des infrastructures en assurant un pilotage précis et adapté.
- Le système fonctionne toujours en cas de rupture de communication avec le serveur central.

Validation par tests réels

- Les tests ont démontré une amélioration de plus de 30 % en conditions pluvieuses, assurant continuité et conformité.



EVOLUTIONS FUTURES

Extension des fonctionnalités

- Développer le choix optimal des pompes à active
- Détecter des anomalies avec une IA embarqué sur l'unité terminale

Scalabilité et déploiement

- Une solution évolutive permettrait un déploiement à grande échelle sur différents postes, facilitant l'adoption de l'IA et son monitoring.



MERCI

