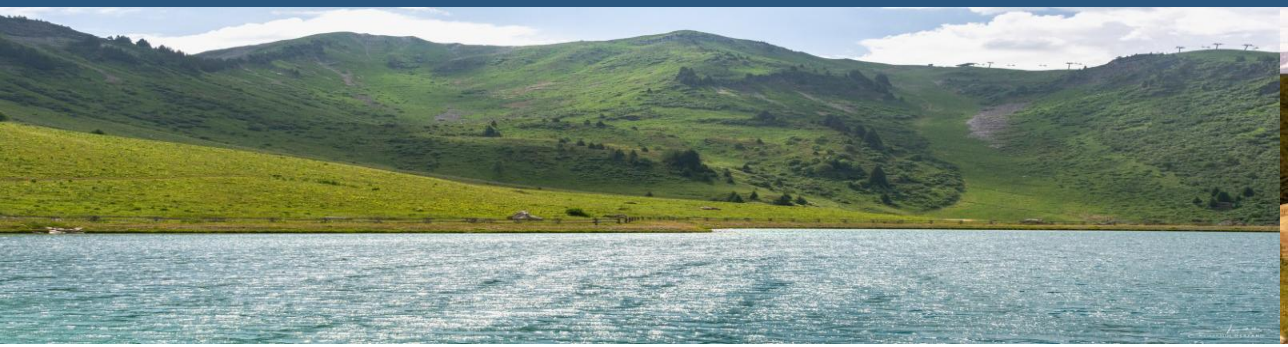
Conférence finale / Conferenza finale — Aoste, 04.11.2026

# Critères pour la réalisation de nouvelles retenues dans les territoires transfrontaliers, pour limiter les effets du changement climatique (WP 3.4)

*Criteri per la collocazione di nuovi invasi, per contrastare gli effetti del cambiamento climatico (WP 3.4)*





**SALVATORE LA MONICA – Regione Piemonte**

Interreg
Cofinancé par l'Union Européenne
Cofinanziato dall'Unione Europea
France – Italia ALCOTRA
BECCA

# Objectif de l'action

*Obiettivo dell'azione*

Définir et appliquer, dans les territoires transfrontaliers, des critères pour l'implantation de nouveaux barrages, afin de lutter contre les effets du changement climatique, en tenant compte :

- de la disponibilité et des caractéristiques des ressources en eau ;
- des besoins en eau liés aux différents usages : agriculture, eau potable, production hydroélectrique, enneigement artificiel, etc.

*Definire ed applicare nei territori transfrontalieri dei criteri per la collocazione di nuovi invasi, per contrastare gli effetti del cambiamento climatico, tenendo conto di:*

- *disponibilità e caratteristiche della risorsa idrica;*
- *necessità idrica derivante dai diversi fabbisogni: agricolo, idropotabile, idroelettrico, innevamento artificiale, ecc*

# Les acteurs concernés et leur contribution

*I soggetti coinvolti e il loro contributo*

- RÉGION DU PIÉMONT : méthodologie d'analyse à l'échelle régionale, adaptée pour soutenir la planification stratégique à grande échelle par les décideurs politiques, applicato al territorio della regione Piemonte ;
- RÉGION AUTONOME DE LA VALLÉE D'AOSTE : méthodologie à plus petite échelle, avec une analyse approfondie spécifique de la relation entre la disponibilité hydrologique réelle et le dimensionnement des réservoirs, appliquée au cas de ruisseau Saint-Barthélemy;
- USMB (avec INRAE): expérience spécifique d'un réservoir de haute altitude destiné à l'enneigement artificiel (ruisseau de l'Arc);
- POLYTECHNIQUE DE TURIN : modélisation hydrologique (modèle GEOFRAME) appliquée au bassin du fleuve Tanaro à Alba.

- *REGIONE PIEMONTE: metodologia di analisi a scala regionale, adatta a supportare la pianificazione strategica a larga scala da parte del decisore politico, appliquée au territoire de la région du Piémont;*
- *REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA: metodologia a scala più ridotta, con approfondimento specifico sul rapporto tra disponibilità idrologica reale e dimensionamento degli invasi, applicato al torrente Saint-Barthélemy;*
- *USMB (con INRAE): esperienza specifica di un invaso d'alta quota per l'innevamento artificiale (torrente dell'Arc);*
- *POLITECNICO DI TORINO: Modellazione idrologica (modello GEOFRAME) applicata al bacino del fiume Tanaro ad Alba.*

# MÉTHODOLOGIE POUR UNE STRATÉGIE POSSIBLE D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE À L'ÉCHELLE RÉGIONALE (Région du Piémont)

## *METODOLOGIA PER UNA POSSIBILE STRATEGIA DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI A SCALA REGIONALE (Regione Piemonte)*

**Bilan hydrologique actuel et futur**
***Bilancio idrico attuale e futuro***

Approche « data driven » à partir des données historiques sur les précipitations et les débits
*Approccio "data driven" da dati storici di pioggia e portate*

Besoins réels calculés pour l'agriculture
*Fabbisogni reali calcolati per l'agricoltura*

Modèles climatiques prévisionnels Euro Cordex 11 pour la période 2041-2070
*Modelli climatici previsionali Euro Cordex 11 triennio 2041-2070*

**Calcul du déficit (d'irrigation)**
***Calcolo deficit (irriguo)***

À l'échelle régionale
*A scala regionale*

*+*

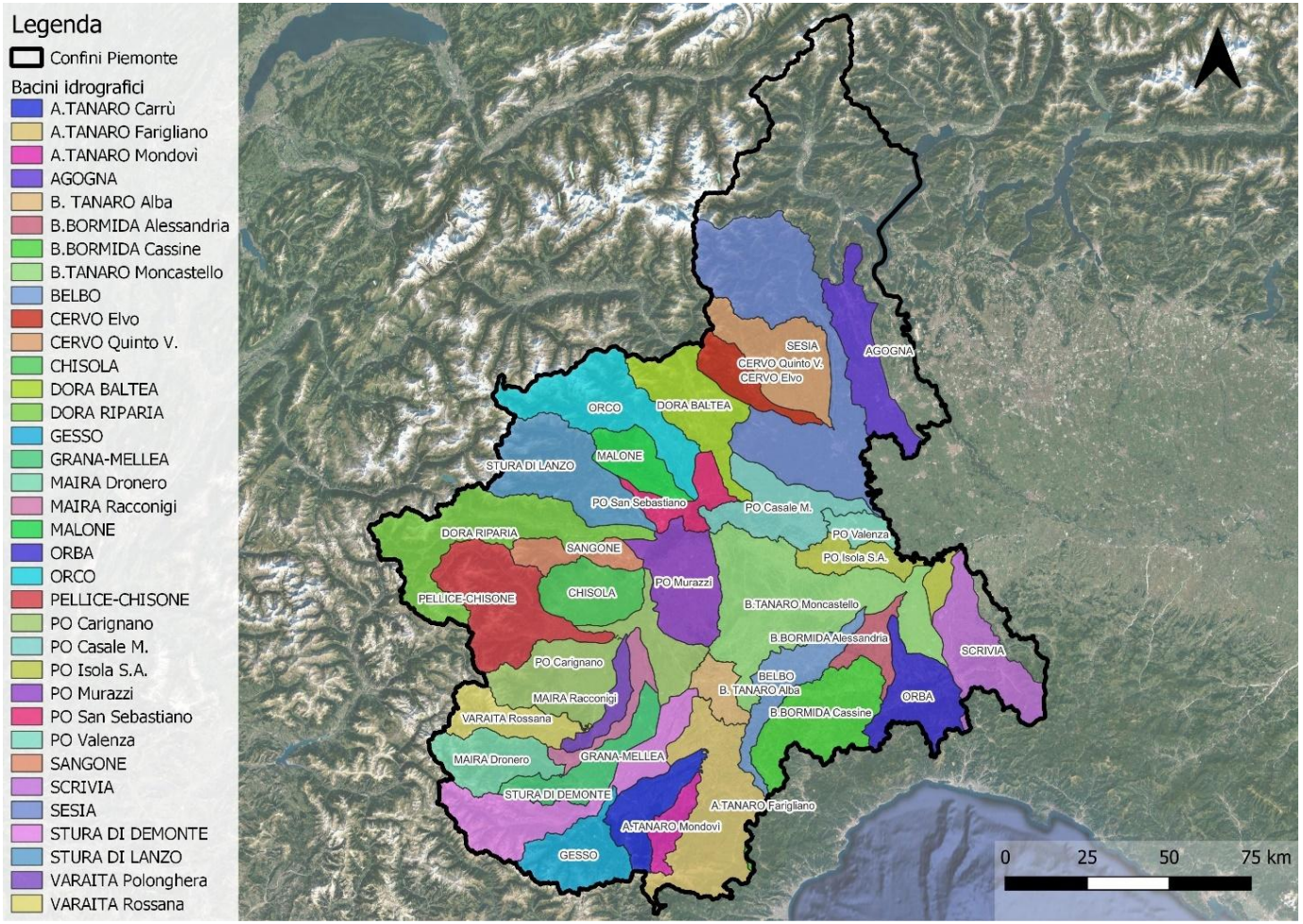
Sur six bassins ciblés
*Su sei bacini focus*

**Proposition de stratégies d'adaptation**
***Proposta di strategie di adattamento***

À partir d'une liste de 10 stratégies différentes, parmi lesquelles les réservoirs
D*a un elenco di 10 strategie diverse, fra cui gli invasi*

# MÉTHODOLOGIE POUR UNE STRATÉGIE POSSIBLE D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE À L'ÉCHELLE RÉGIONALE (Région du Piémont)

*METODOLOGIA PER UNA POSSIBILE STRATEGIA DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI A SCALA REGIONALE (Regione Piemonte)*

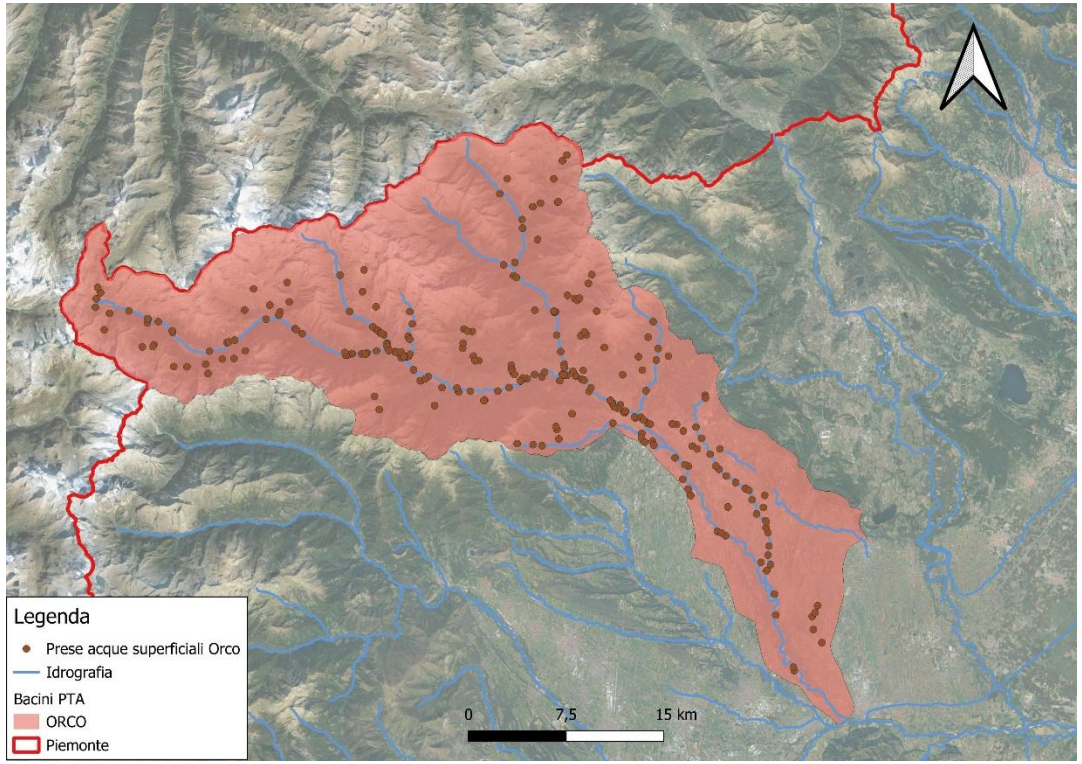



n. 35 Bassins versants utilisés dans le modèle «Data Driven»

n. 35 *Bacini idrografici utilizzati nel Modello Data Driven*

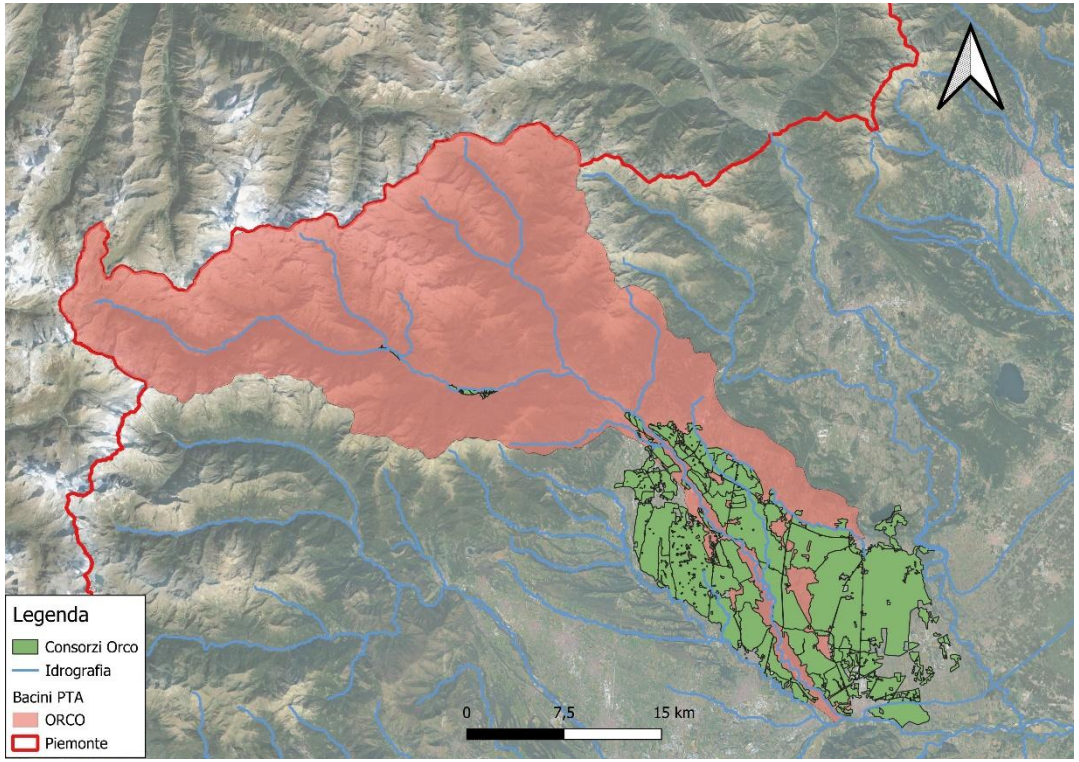
# MÉTHODOLOGIE POUR UNE STRATÉGIE POSSIBLE D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE À L'ÉCHELLE RÉGIONALE (Région du Piémont)

*METODOLOGIA PER UNA POSSIBILE STRATEGIA DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI A SCALA REGIONALE (Regione Piemonte)*




Bassin d'analyse de l'Orco et prises associées

*Bacino di analisi Orco e prese associate*




Bassin d'analyse de l'Orco et consortiums associés

*Bacino di analisi Orco e consorzi associati*

# MÉTHODOLOGIE POUR UNE STRATÉGIE POSSIBLE D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE À L'ÉCHELLE RÉGIONALE (Région du Piémont)

*METODOLOGIA PER UNA POSSIBILE STRATEGIA DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI A SCALA REGIONALE (Regione Piemonte)*

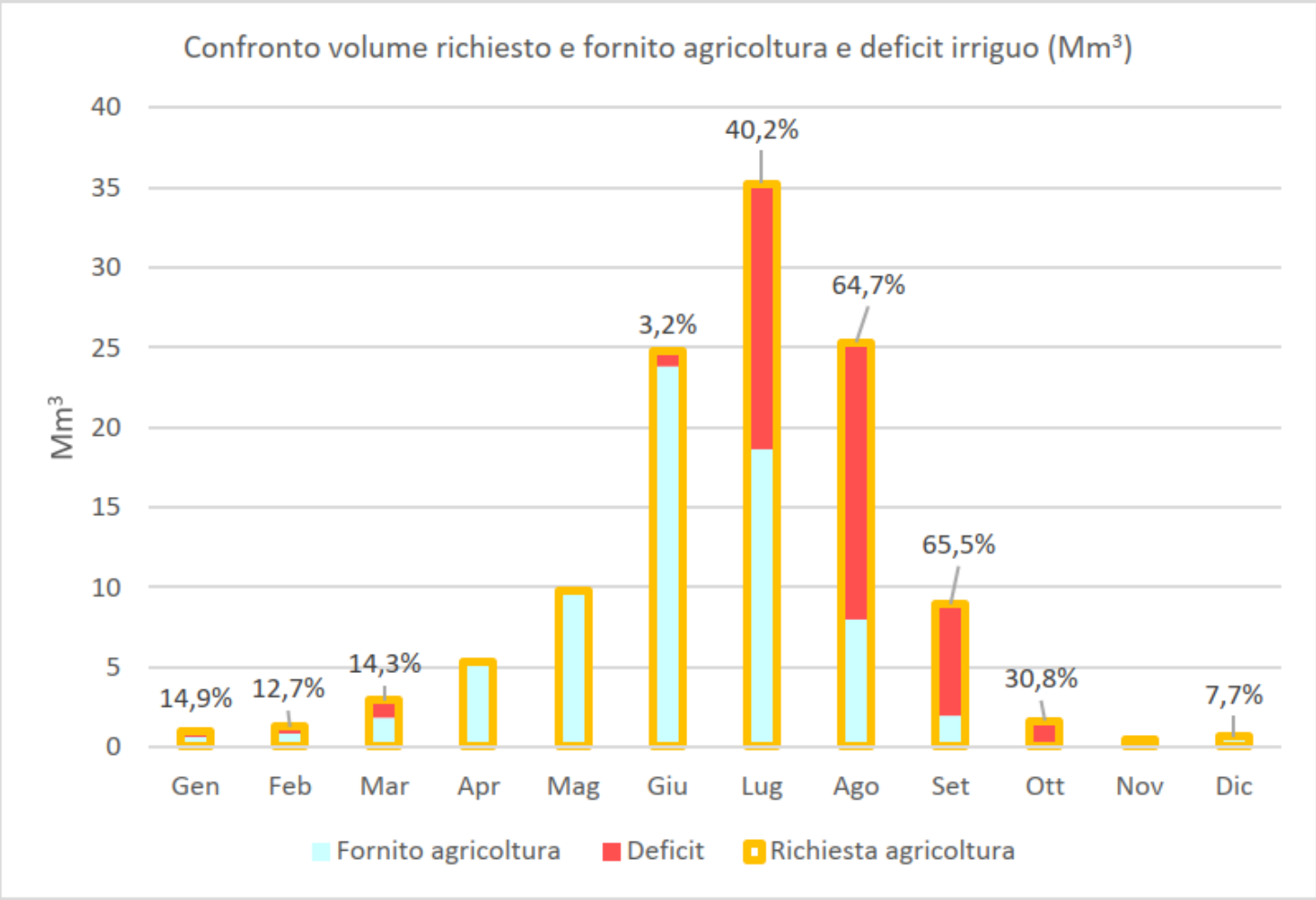
| | RCP4.5 | | | RCP8.5 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Media | Massima | Minima | Media | Massima | Minima |
| 2011 - 2040 | 0,89 | 0,89 | 0,90 | 1,01 | 1,08 | 0,96 |
| 2041 - 2070 | 1,65 | 1,68 | 1,67 | 2,34 | 2,42 | 2,32 |
| 2071 - 2100 | 2,10 | 2,13 | 2,12 | 4,09 | 4,23 | 4,07 |

Augmentations des températures moyennes, maximales et minimales en °C au cours des trentes années 2011-2040, 2041-2070 et 2071-2100 par rapport à la période 1976-2005, selon les scénarios RCP4.5 et RCP8.5

*Incrementi di temperatura media, massima e minima in °C nei trentenni 2011-2040, 2041-2070, 2071-2100 rispetto al periodo 1976-2005 per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5*

# MÉTHODOLOGIE POUR UNE STRATÉGIE POSSIBLE D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE À L'ÉCHELLE RÉGIONALE (Région du Piémont)

*METODOLOGIA PER UNA POSSIBILE STRATEGIA DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI A SCALA REGIONALE (Regione Piemonte)*

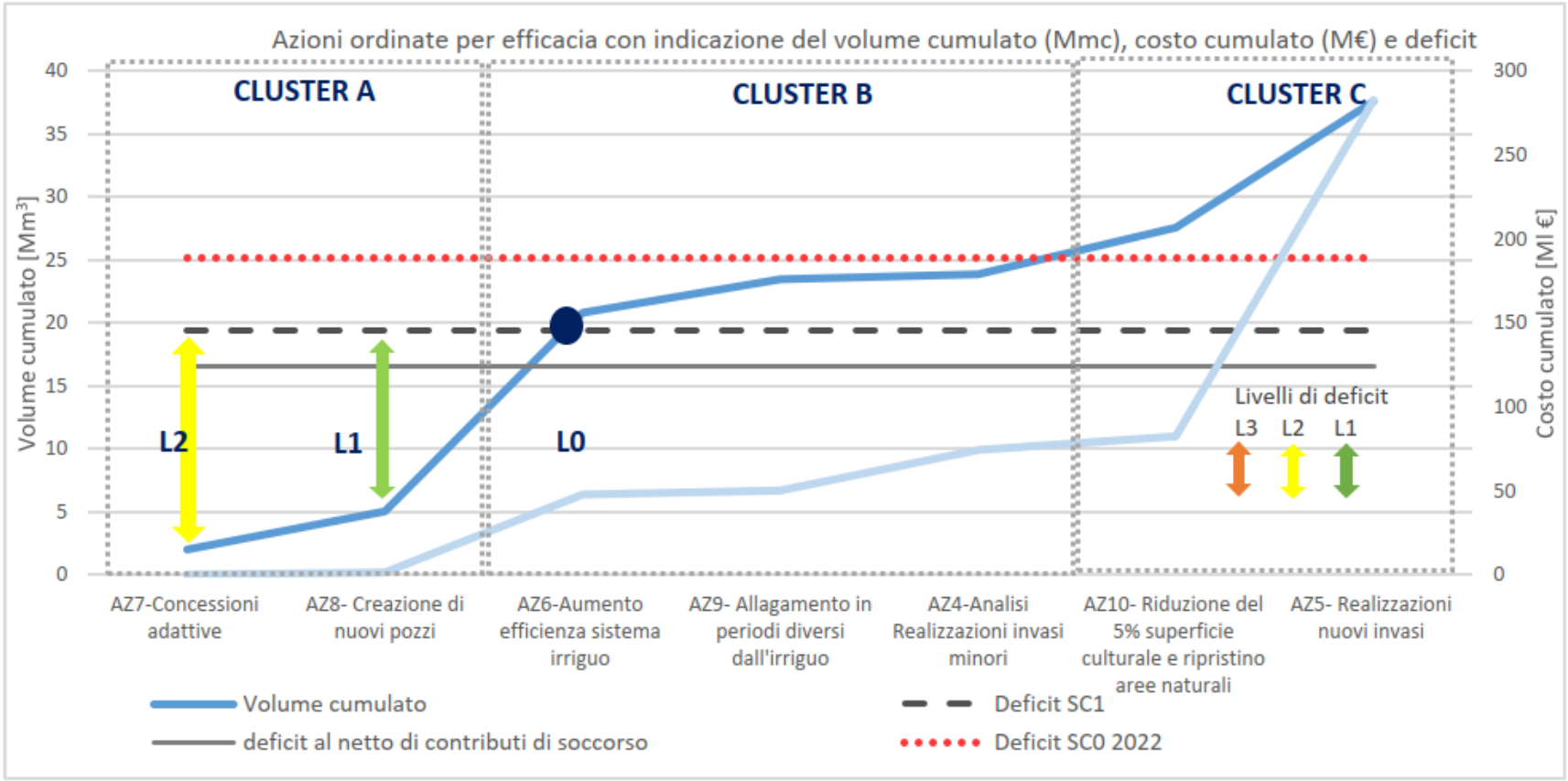



Comparaison entre le volume demandé et le volume fourni pour l'agriculture, et déficit d'irrigation selon le scénario SC1 du bassin d'analyse de Gesso

*Confronto volume richiesto e fornito agricoltura e deficit irriguo scenario SC1 del bacino di analisi Gesso*

# MÉTHODOLOGIE POUR UNE STRATÉGIE POSSIBLE D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE À L'ÉCHELLE RÉGIONALE (Région du Piémont)

*METODOLOGIA PER UNA POSSIBILE STRATEGIA DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI A SCALA REGIONALE (Regione Piemonte)*




Mesures classées par groupes et compatibilité du niveau de déficit, avec indication du volume cumulé (Mm³) et du déficit du bassin d'analyse du Haut Tanaro à Carrù (Pesio)

*Azioni ordinate secondo cluster e compatibilità del livello di deficit con indicazione del volume cumulato (Mm3) e deficit bacino di analisi Alto Tanaro Carrù (Pesio)*

# MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION, DE LOCALISATION ET DE DIMENSIONNEMENT HYDROLOGIQUE DE NOUVEAUX RÉSERVOIRS (Région Vallée d'Aoste)

## *METODOLOGIA PER LA VALUTAZIONE, LA LOCALIZZAZIONE E IL DIMENSIONAMENTO IDROLOGICO DI NUOVI INVASI (Regione Valle d'Aosta)*

L'objectif de ce travail est de formaliser une procédure permettant de passer d'un diagnostic territorial de pénurie d'eau à une évaluation quantitative de la capacité de stockage effectivement viable d'un bassin hydrographique donné. En d'autres termes, l'identification d'une zone critique n'est pas considérée comme suffisante pour justifier la création d'un nouveau réservoir : il est nécessaire de démontrer qu'il existe des débits pouvant être stockés pendant les périodes d'abondance relative, que ces débits sont compatibles avec les utilisations et les priorités existantes et que le volume stocké peut apporter un bénéfice mesurable pendant les périodes de déficit.

Le modèle a été appliqué à l'étude de cas du torrent Saint-Barthélemy.

*L'obiettivo del lavoro è formalizzare una procedura che consenta di passare da una diagnosi territoriale di carenza idrica a una valutazione quantitativa della capacità di accumulo effettivamente sostenibile da uno specifico bacino idrografico. In altri termini, l'individuazione di un'area critica non è considerata sufficiente per giustificare un nuovo invaso: è necessario dimostrare che esistano portate accumulabili nei periodi di relativa abbondanza, che tali portate siano compatibili con gli usi e le priorità esistenti e che il volume accumulato possa produrre un beneficio misurabile durante i periodi di deficit.*

*Il modello è stato applicato al caso studio del torrente Saint-Barthélemy.*

# MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION, DE LOCALISATION ET DE DIMENSIONNEMENT HYDROLOGIQUE DE NOUVEAUX RÉSERVOIRS (Région Vallée d'Aoste)

*METODOLOGIA PER LA VALUTAZIONE, LA LOCALIZZAZIONE E IL DIMENSIONAMENTO IDROLOGICO DI NUOVI INVASI (Regione Valle d'Aosta)*

## Séquence opérationnelle

**0. Analyse territoriale**
Zones critiques identifiées à partir d'indicateurs climatiques et satellitaires

**1. Évaluation de la ressource**
Quantification directe des débits disponibles en amont

**2. Prélèvements et utilisateurs**
Quantification des prélèvements et classement par ordre de priorité

**3. Bilan hydrologique**
Comparaison dynamique entre l'offre et la demande

## *Sequenza operativa*

**0. *Screening territoriale***
*Aree critiche da indicatori climatici e satellitari*

**1. *Misura della risorsa***
*Quantificazione diretta delle portate disponibili a monte*

**2. *Prelievi e utilizzatori***
*Quantificazione dei prelievi e classificazione delle priorità*

**3. *Bilancio idrologico***
*Confronto dinamico fra disponibilità e domanda*

## Séquence opérationnelle

**4. Excédent stockable**
Identification des périodes et des débits pouvant effectivement être stockés

**5. Emplacement**
Altitude, morphologie, géologie, paysage et relation avec le réseau en aval

**6. Dimensionnement**
Volumes adaptés aux disponibilités, aux besoins et aux stratégies de lâcher

**7. Simulation et vérification**
Tests sur des séries d'observations : stockage, lâcher et durée du soutien

## *Sequenza operativa*

**4. *Surplus stoccabile***
*Individuazione dei periodi e delle portate effettivamente accumulabili*

**5. *Posizionamento***
*Quota, morfologia, geologia, paesaggio e relazione con la rete a valle*

**6. *Dimensionamento***
*Volumi coerenti con disponibilità, fabbisogni e strategie di rilascio*

**7. *Simulazione e verifica***
*Test su serie osservate: accumulo, rilascio e durata del sostegno*

# MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION, DE LOCALISATION ET DE DIMENSIONNEMENT HYDROLOGIQUE DE NOUVEAUX RÉSERVOIRS (Région Vallée d'Aoste)

*METODOLOGIA PER LA VALUTAZIONE, LA LOCALIZZAZIONE E IL DIMENSIONAMENTO IDROLOGICO DI NUOVI INVASI (Regione Valle d'Aosta)*

**1. Idrologia**: Quantificazione delle portate disponibili a monte

**1. Hydrologie** : Quantification des débits disponibles en amont



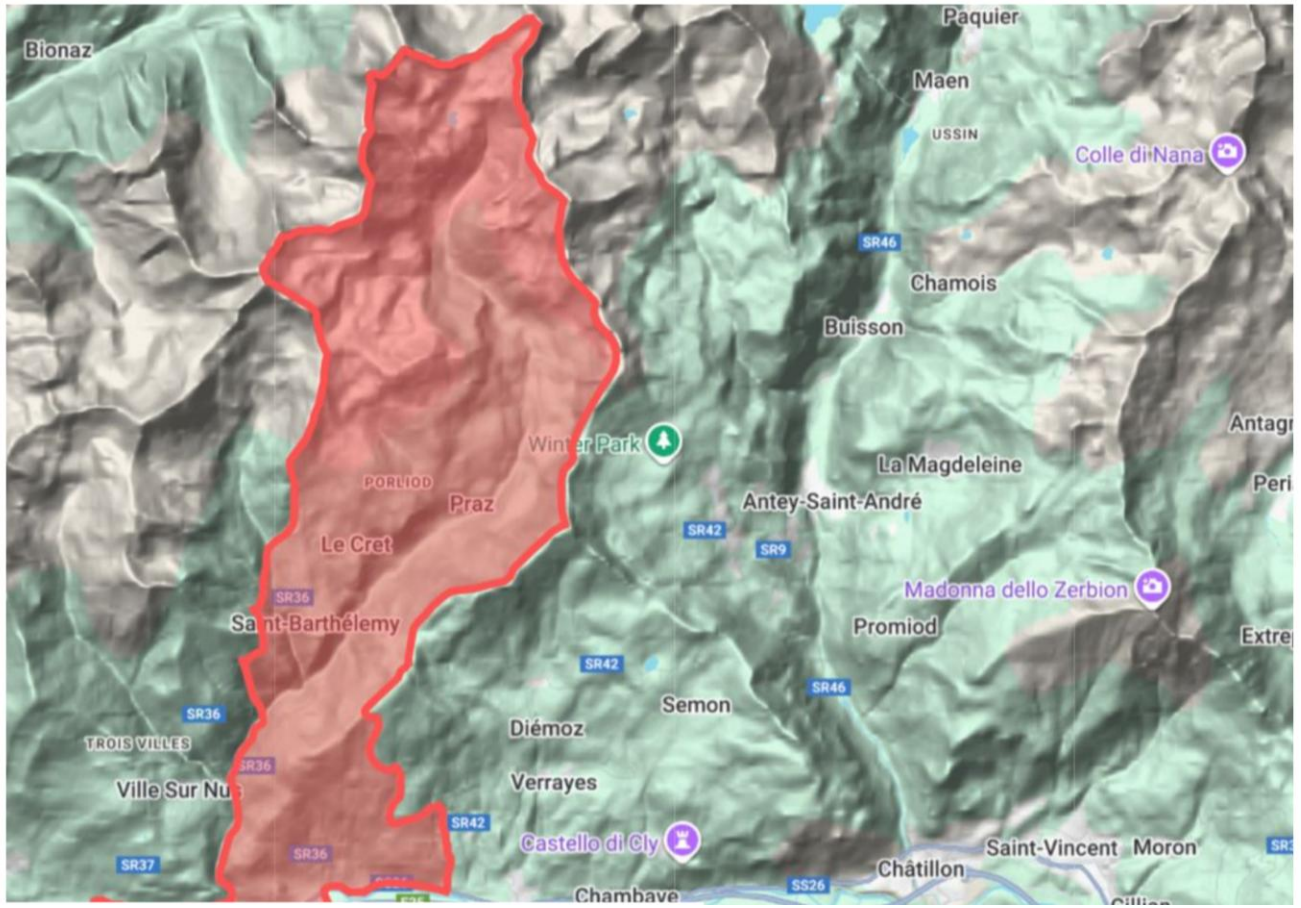


# MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION, DE LOCALISATION ET DE DIMENSIONNEMENT HYDROLOGIQUE DE NOUVEAUX RÉSERVOIRS (Région Vallée d'Aoste)

*METODOLOGIA PER LA VALUTAZIONE, LA LOCALIZZAZIONE E IL DIMENSIONAMENTO IDROLOGICO DI NUOVI INVASI (Regione Valle d'Aosta)*

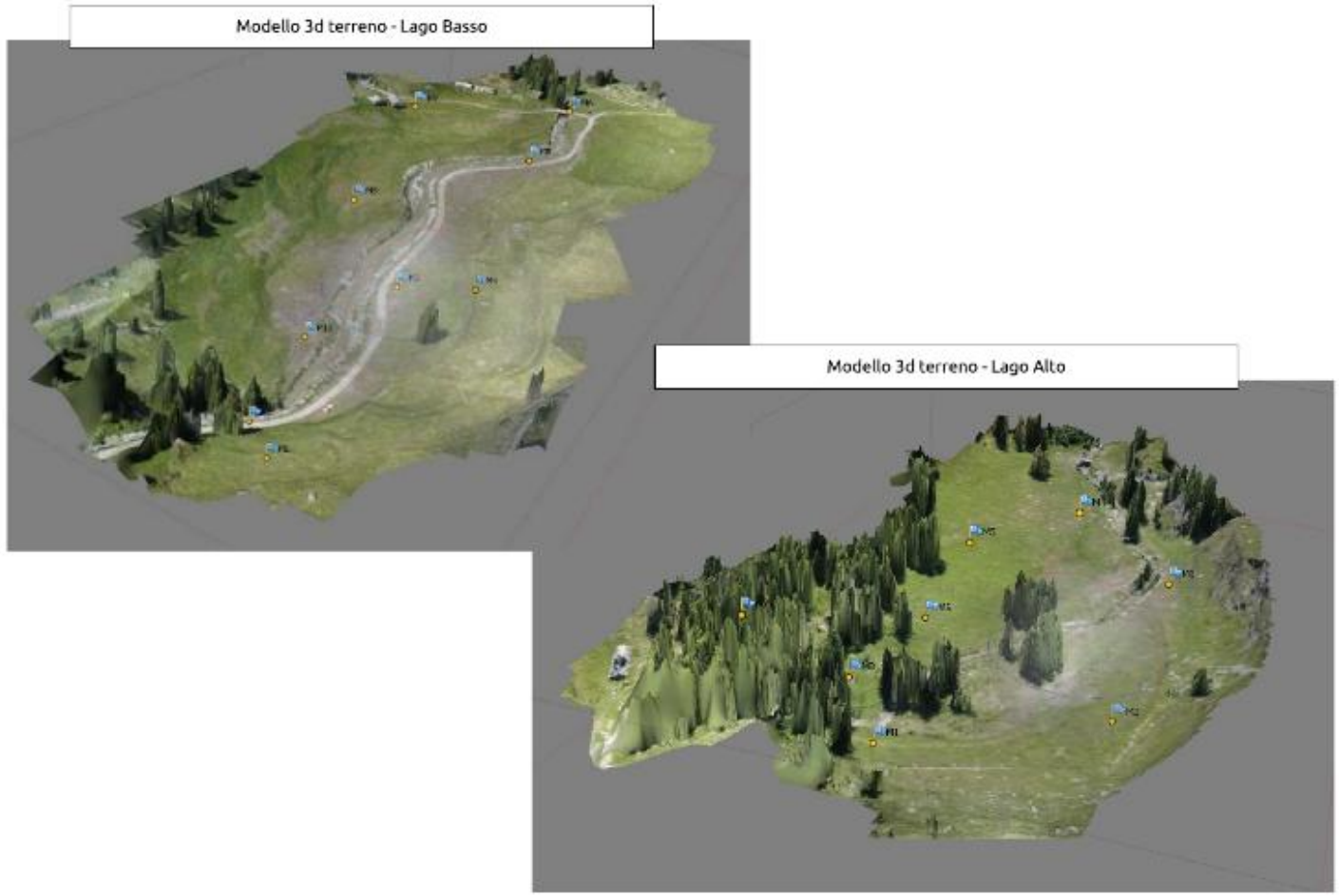
**2.Posizionamento**
**-Quota (idealmente deve essere a monte del sistema)**
**-Caratteristiche geologiche e geomorfologiche**
**-Visibilità e contesto paesaggistico**
**-Proprietà dei terreni**

**2. Positionnement**
-Altitude (idéalement en amont du -système)
-Caractéristiques géologiques et géomorphologiques
-Visibilité et contexte paysager
-Propriété des terrains



# MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION, DE LOCALISATION ET DE DIMENSIONNEMENT HYDROLOGIQUE DE NOUVEAUX RÉSERVOIRS (Région Vallée d'Aoste)

*METODOLOGIA PER LA VALUTAZIONE, LA LOCALIZZAZIONE E IL DIMENSIONAMENTO IDROLOGICO DI NUOVI INVASI (Regione Valle d'Aosta)*




Modèles tridimensionnels des zones du Lago Basso et du Lago Alto obtenus à partir des relevés de l'étude de cas de Saint-Barthélemy

*Modelli tridimensionali delle aree Lago Basso e Lago Alto ottenuti dai rilievi del caso studio Saint-Barthélemy*

# ÉTUDE DES RESSOURCES EN EAU DANS UN BASSIN VERSANT DE HAUTE ALTITUDE. ÉTUDE DE CAS DU TORRENT DE L'ARC (ARC 2000)

## *STUDIO DELLE RISORSE IDRICHE IN UN BACINO IDROGRAFICO D'ALTA QUOTA. STUDIO DEL CASO DEL TORRENTE DELL'ARC (ARC 2000)*

Le stockage d'eau destiné à l'enneigement artificiel est un type de réservoir caractéristique de la région transfrontalière italo-française.
Son emplacement en haute altitude et les forts dénivelés du bassin imposent de prendre en compte des aspects hydrologiques et fonctionnels tout à fait particuliers.

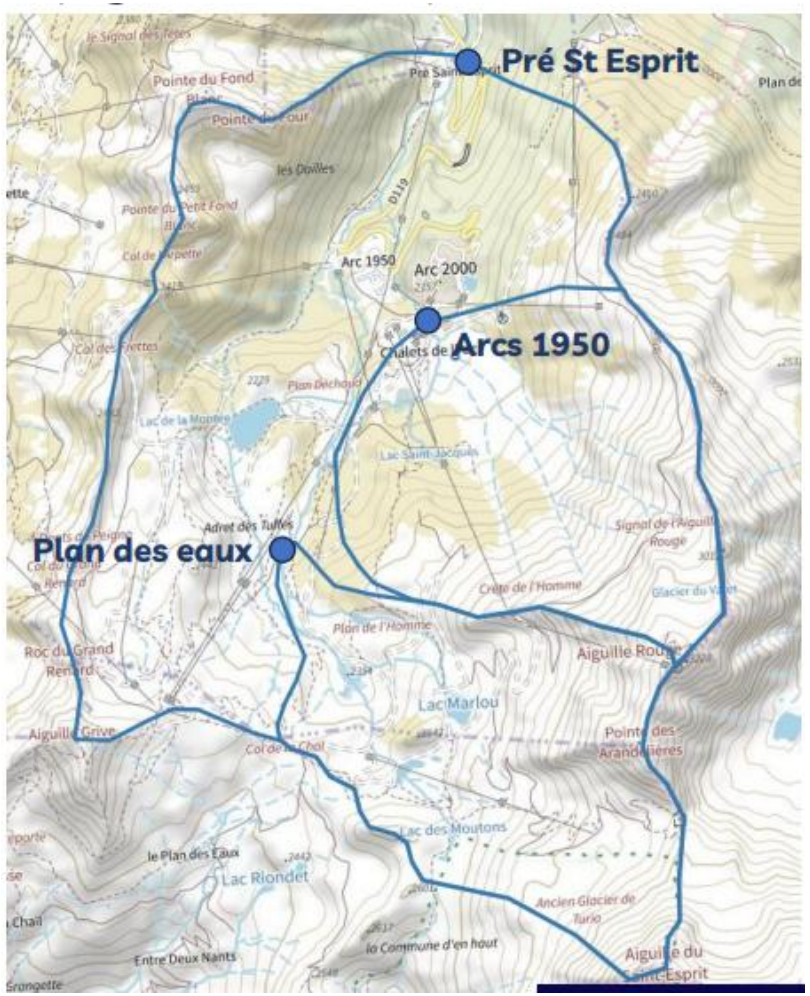
*Una tipologia d'invaso tipica del territorio transfrontaliero italo-francese è lo stoccaggio idrico per l'innevamento artificiale.*
*La localizzazione ad alta quota e i forti dislivelli del bacino, comportano la necessità di considerazioni idrologiche e funzionali del tutto peculiari.*

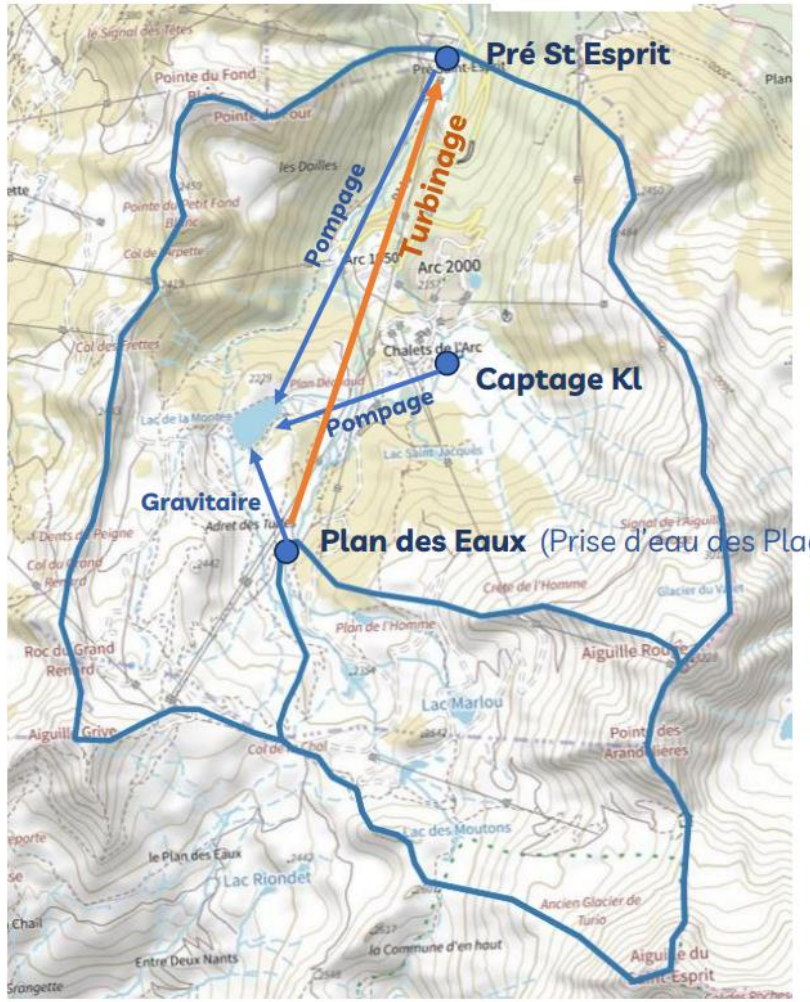
# ÉTUDE DES RESSOURCES EN EAU DANS UN BASSIN VERSANT DE HAUTE ALTITUDE. ÉTUDE DE CAS DU TORRENT DE L'ARC (ARC 2000)

*STUDIO DELLE RISORSE IDRICHE IN UN BACINO IDROGRAFICO D'ALTA QUOTA. STUDIO DEL CASO DEL TORRENTE DELL'ARC (ARC 2000)*

Le bassin versant de l'Arc (de 1 800 m d'altitude à 3 200 m d'altitude) et le réseau hydraulique

*Il bacino imbrifero dell'Arc (da 1.800 m slm a 3.200 m slm) e lo schema idraulico*



# ÉTUDE DES RESSOURCES EN EAU DANS UN BASSIN VERSANT DE HAUTE ALTITUDE. ÉTUDE DE CAS DU TORRENT DE L'ARC (ARC 2000)

*STUDIO DELLE RISORSE IDRICHE IN UN BACINO IDROGRAFICO D'ALTA QUOTA. STUDIO DEL CASO DEL TORRENTE DELL'ARC (ARC 2000)*

| Anno Idrologico | Precipitazioni Totali (mm) | Evapotraspirazione ETP Oudin (mm) | Precipitazioni Efficaci (mm) | Stock Neve Equiv. (m³) | Deflusso Misurato P.S.E. (m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| 2020-2021 | 1.220 | 428 | 792 | 5.679.700 | 9.884.673 |
| 2021-2022 | 782 | 498 | 283 | 3.420.300 | 5.592.767 |
| 2022-2023 | 1.289 | 443 | 846 | 5.031.000 | 10.356.960 |
| 2023-2024 | 1.382 | 400 | 982 | 4.199.000 | 12.038.242 |
| 2024-2025 | 1.088 | 331 | 757 | 2.850.900 | 7.439.945 |

Synthèse des composantes hydroclimatiques du bassin de l'Arc de 2020 à 2025

*Sintesi delle componenti idroclimatologiche del bacino dell'Arc dal 2020 al 2025*

# MODÉLISATION HYDROLOGIQUE ET CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LE BASSIN DU TANARO À ALBA – APPLICATION DU MODÈLE GEOFRAME) - POLITO

## *MODELLAZIONE IDROLOGICA E CAMBIAMENTO CLIMATICO NEL BACINO DEL TANARO AD ALBA – APPLICAZIONE DEL MODELLO GEOFRAME - POLITO*

**Pourquoi ce modèle ?**

- Traduire les scénarios climatiques en débits et volumes disponibles dans le bassin du Tanaro–Alba.
- Échelle intermédiaire entre les bilans régionaux et la conception d'un réservoir individuel.
- Utilisation de GEOFRAME (open source) pour :
  - représenter la neige, le sol, le ruissellement rapide et le débit de base ;
  - travailler avec plusieurs sous-bassins et plusieurs hydromètres.

**Étapes principales :**

- discretisation du bassin en unités hydrologiques ;
- préparation des forçages météorologiques (précipitations, température, évapotranspiration) ;
- « naturalisation » des débits (suppression de l'effet des prélèvements/restitutions) ;
- étalonnage multi-sites à partir de données historiques.

***Perchè questo modello:***

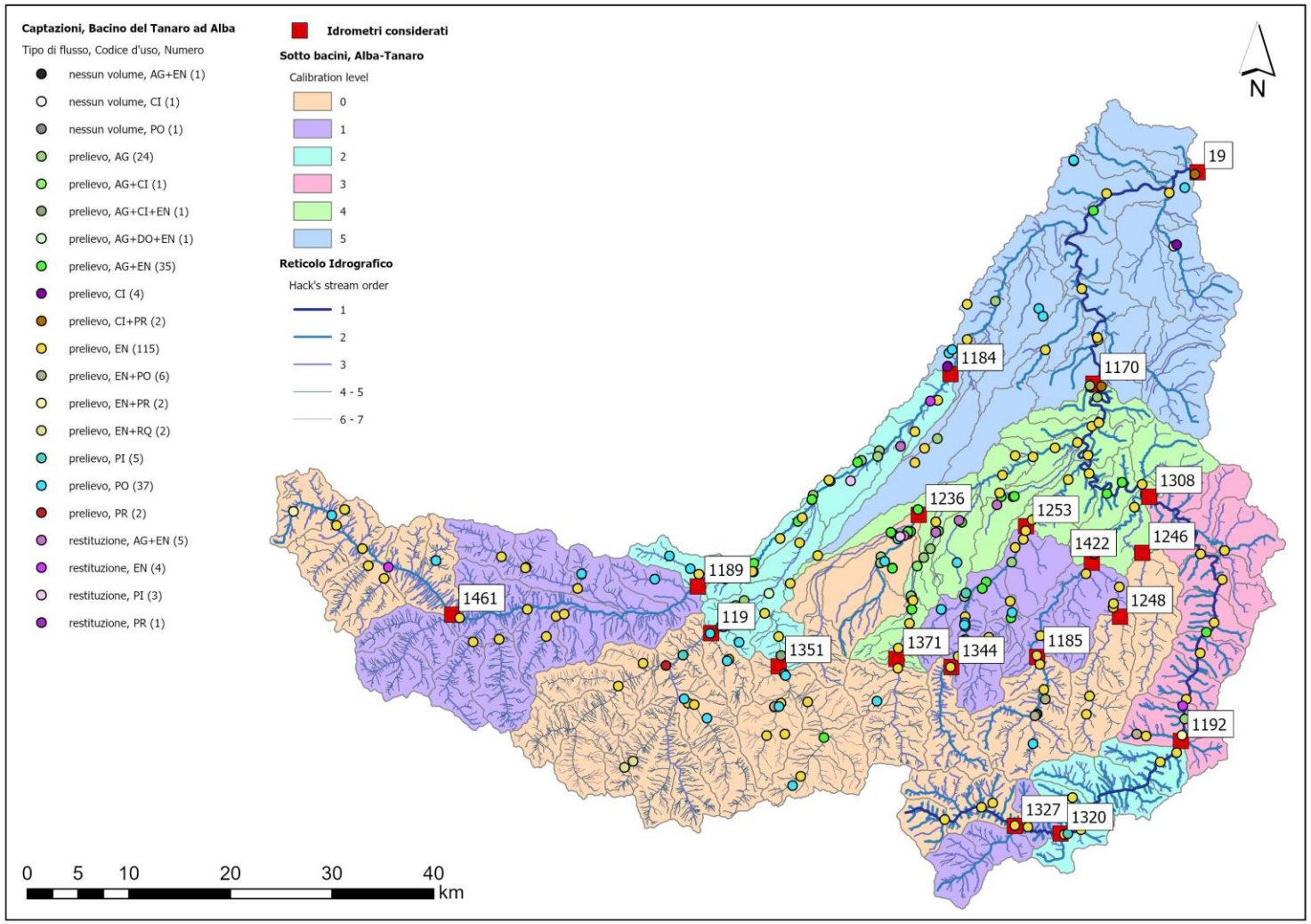
- *Tradurre scenari climatici in portate e volumi disponibili nel bacino Tanaro–Alba.*
- *Scala intermedia tra bilanci regionali e progetto di singolo invaso.*
- *Uso di GEOFRAME (open source) per:*
  - *rappresentare neve, suolo, deflusso rapido e baseflow;*
  - *lavorare con più sottobacini e più idrometri.*

***Passi principali:***

- *discretizzazione del bacino in unità idrologiche;*
- *preparazione forzanti meteo (pioggia, temperatura, ET);*
- *"naturalizzazione" delle portate (rimozione effetto prelievi/restituzioni);*
- *calibrazione multi-sito sui dati storici.*

# MODÉLISATION HYDROLOGIQUE ET CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LE BASSIN DU TANARO À ALBA – APPLICATION DU MODÈLE GEOFRAME)

*MODELLAZIONE IDROLOGICA E CAMBIAMENTO CLIMATICO NEL BACINO DEL TANARO AD ALBA – APPLICAZIONE DEL MODELLO GEOFRAME - POLITO*

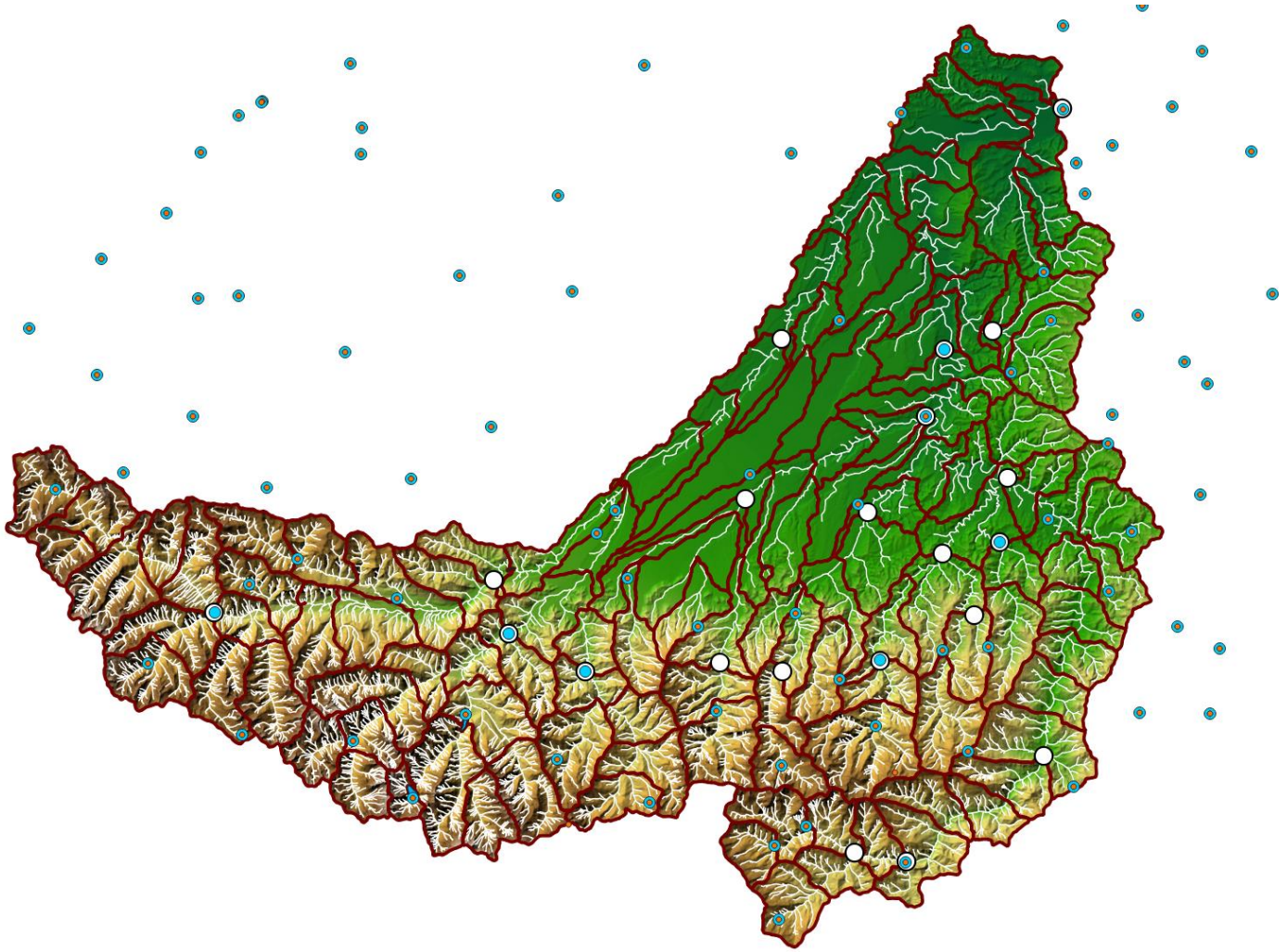



Bassin du Tanaro à Alba : réseau hydrographique, hydromètres, zones associées aux niveaux d'étalonnage et points de captage/de restitution

*Bacino del Tanaro ad Alba: reticolo idrografico, idrometri, aree associate ai livelli di calibrazione e punti di captazione/restituzione*

# MODÉLISATION HYDROLOGIQUE ET CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LE BASSIN DU TANARO À ALBA – APPLICATION DU MODÈLE GEOFRAME)

*MODELLAZIONE IDROLOGICA E CAMBIAMENTO CLIMATICO NEL BACINO DEL TANARO AD ALBA – APPLICAZIONE DEL MODELLO GEOFRAME - POLITO*



Découpage en unités hydrologiques de l'étude de cas

*Suddivisone in unità idrologiche del caso studio*

# MODÉLISATION HYDROLOGIQUE ET CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LE BASSIN DU TANARO À ALBA – APPLICATION DU MODÈLE GEOFRAME)

*MODELLAZIONE IDROLOGICA E CAMBIAMENTO CLIMATICO NEL BACINO DEL TANARO AD ALBA – APPLICAZIONE DEL MODELLO GEOFRAME - POLITO*

**Ce que produit le modèle et à quoi il sert :**

- Génération de séries de débits naturels pour :
  - une période historique,
  - des scénarios climatiques futurs (RCP4.5, RCP8.5, 2027–2060).
- Indicateurs pouvant être calculés :
  - débits moyens annuels et saisonniers,
  - courbes de durée et débits d'étiage,
  - volumes disponibles pour d'éventuels réservoirs.
- Utilité pour la planification :
  - comprendre comment évolue la disponibilité en eau dans le bassin du Tanaro–Alba,
  - identifier les périodes et les zones les plus critiques,
  - fournir une base quantitative pour évaluer de nouveaux réservoirs et d'autres mesures d'adaptation.

***Cosa produce il modello e a cosa serve:***

- *Generazione di serie di portate naturali per:*
  - *periodo storico,*
  - *scenari climatici futuri (RCP4.5, RCP8.5, 2027–2060).*
- *Indicatori ricavabili:*
  - *deflussi medi annui e stagionali,*
  - *curve di durata e portate di magra,*
  - *volumi disponibili per possibili invasi.*
- *Utilità per la pianificazione:*
  - *capire come cambia la disponibilità idrica nel Tanaro–Alba,*
  - *individuare periodi e aree più critiche,*
  - *fornire base quantitativa per valutare nuovi accumuli e altre misure di adattamento.*

# MERCI DE VOTRE ATTENTION

*GRAZIE DELL'ATTENZIONE*