

#connaître #partager #accompagner

La préservation des ressources karstiques majeures pour  
l'alimentation en eau potable du massif du Jura et leurs  
zones de sauvegarde. Contexte, outils et exemples  
associés

*Premières réflexions sur la délimitation des zones de  
sauvegarde à l'échelle d'un site pilote*

Les rendez-vous du karst de BFC – 06/12/2022



# Délimiter des zones de sauvegarde, pourquoi faire ?

*Mieux identifier et mieux coordonner les actions permettant la non-dégradation de la ressource, en qualité et en quantité.*

## Des préconisations techniques et recommandations en matière d'urbanisme

Thématique	Préconisations / Recommandations	Zone de protection PRIORITAIRE (P1)	Zone de protection SECONDAIRE (P2)	Zones de RUISSELLEMENT (P3)
 <b>Urbanisation</b>	<b>Limiter l'urbanisation</b> D'une manière générale, il est préconisé de limiter d'étalement urbain sur les zones de sauvegarde pour conserver des zones naturelles et boisées, voire des zones agricoles jugées moins menaçantes pour la qualité des eaux souterraines. Néanmoins, cet objectif peut-être pondéré en fonction des niveaux de priorité P1, P2 et P3. Il est particulièrement recommandé d'éviter l'extension urbaine au-delà de l'enveloppe existante (zones à urbaniser ou secteurs de taille et de capacité d'accueil limitées (STECAL)) dans les zones de sauvegarde de priorité 1, l'objectif étant de limiter la création de nouveaux réseaux d'eaux usées et de nouvelles voiries sur ces zones.	✓		
 <b>Agriculture</b>	Généraliser l'agriculture raisonnée	✓	✓	✓
	Gérer les intrants azotés	✓		
	Mettre en place de bandes enherbées	✓	✓	✓
	Soutenir et développer la filière d'agriculture biologique	✓	✓	✓
 <b>Activités industrielles à risque (INB*, ICPE*, IDE*)</b>	Eviter l'installation de nouvelles activités	✓	✓	
	Renforcer le contrôle des activités à risque existantes	✓	✓	✓

INB = Installation Nucléaire de base.  
 ICPE = Installations classées protection de l'environnement

Thématique	Préconisations / Recommandations	Zone de protection PRIORITAIRE (P1)	Zone de protection SECONDAIRE (P2)	Zones de RUISSELLEMENT (P3)
 <b>Gestion des eaux pluviales</b>	Si fréquence journalière > 10 000 véhicules, collecter et traiter les eaux de voirie par des systèmes adaptés	✓		
	Si rejet direct dans embuts ou ponors, prévoir une étude de caractérisation de la qualité des eaux pour dimensionner si nécessaire un traitement	✓	✓	✓
	Si fréquence journalière > 20 000 véhicules ou transport TMD, mise en place d'un système de rétention des pollutions accidentelles	✓		
<b>Gestion intégrée des prélèvements</b>	Oblier le comptage pour tous les forages existants	✓	✓	✓
	Interdire tout nouveau forage d'usage domestique (sauf exception)	✓		
	Demander obligatoire d'autorisation pour tout nouveau forage industriel ou agricole avec étude d'impact hydrogéologique.	✓	✓	✓

# Délimiter des zones de sauvegarde, comment faire ?

- Ce que propose le document cadre



## 3 COMMENT IDENTIFIER LES RESSOURCES STRATÉGIQUES ET DÉLIMITER LES ZONES DE SAUVEGARDE ? 39

### 3.1 ACQUÉRIR LES INFORMATIONS INDISPENSABLES POUR MENER À BIEN LES ÉTUDES 44

3.1.1 Exploiter les données disponibles 44

3.1.2 Recommander et/ou réaliser les investigations complémentaires requises 47

### 3.2 IDENTIFIER LES RESSOURCES STRATÉGIQUES 48

3.2.1 Les ressources stratégiques utilisées par les captages AEP actuels 48

3.2.2 Les ressources stratégiques pour le futur 53

3.2.3 Utilisation des différents critères en fonction des différentes natures d'aquifère 60

### 3.3 DÉLIMITER LES ZONES DE SAUVEGARDE 61

3.3.1 Méthodes de délimitation des zones de sauvegarde 61

3.3.2 Délimitation des zones de sauvegarde pour les ressources stratégiques d'ores et déjà exploitées pour l'AEP 67

3.3.3 Échelle de découpage et de représentation cartographique des zones de sauvegarde 67

« Nous retenons pour ce guide d'ouvrir les deux possibilités pour la désignation des ZS :

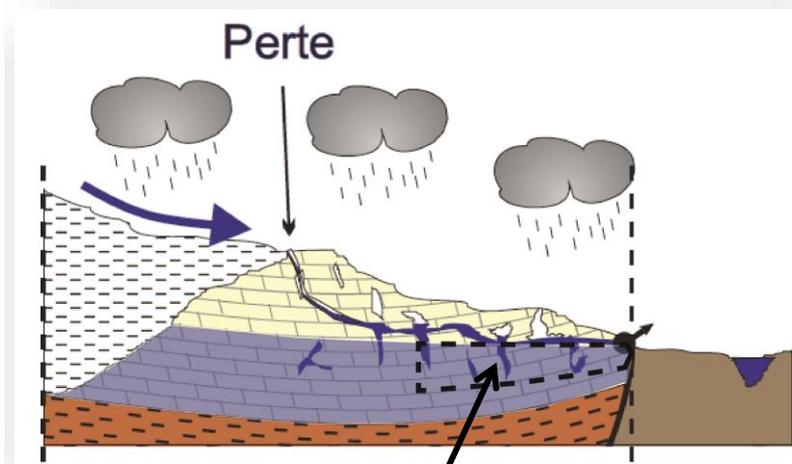
- soit de se baser sur la totalité de la surface du BA en distinguant, le cas échéant, au sein de cette surface des sous-parties avec des objectifs et ambitions de préservation adaptés ;
- soit de ne retenir, que certaines parties du bassin d'alimentation en tenant compte de la plus ou moins grande vulnérabilité de la ressource, de la localisation des pressions et des besoins de les maîtriser, les réduire ou d'en éviter de nouvelle.

Dans le cas de bassins très étendus , on aura également la possibilité de délimiter des "Zones d'attention prioritaires" représentant une ou des portion(s) du bassin sur lesquelles sont requises une vigilance et/ou des actions particulières en raison d'une forte vulnérabilité de la ressource et de la menace de pressions. » (p. 61)

# Délimiter des zones de sauvegarde, comment faire ?

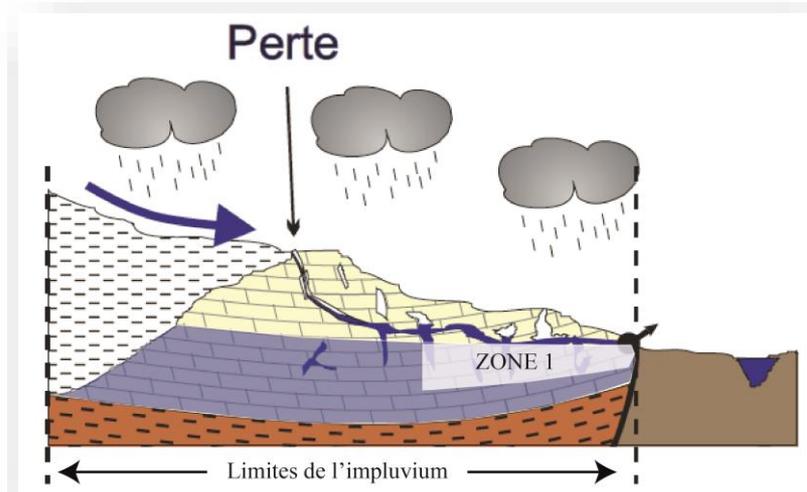
- Ce que propose le document cadre

*Pour la délimitation de la zone de sauvegarde de ces ressources carbonatées karstifiées, il y aura lieu de définir leurs bassins d'alimentation en différenciant pour chaque ressource deux zonages spécifiques : une zone de production (zone 1) et une zone d'alimentation (zone 2) (p. 64)*



Source : Marsaud (1996, modifié)

*Zone 1 : elle vise à identifier les portions d'aquifères les plus productives, c'est-à-dire l'exutoire, le ou les drains qui concentrent l'essentiel des écoulements rapides au sein de la zone noyée, et les réserves annexes de la zone noyée.*

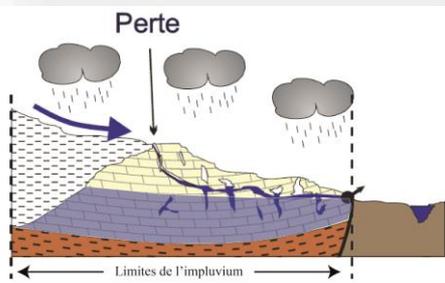


Source : Marsaud (1996, modifié)

*Zone 2 : elle correspond à l'impluvium des zones intéressantes sur le plan quantitatif (Zone1), c'est-à-dire à toute la surface contributive à leur alimentation (bassin d'alimentation).*

# Délimiter des zones de sauvegarde, comment faire ?

- Ce que propose le document cadre



Source : Marsaud (1996, modifié)

« Dans le cas des aquifères karstiques binaires (alimentation par les précipitations et par les pertes d'un cours d'eau), il semble nécessaire d'évaluer la pertinence et la nécessité d'intégrer dans la zone de sauvegarde la totalité ou seulement une partie des bassins versants des pertes alimentant le karst [...] :

- Si les apports des pertes représentent une part importante du débit moyen exploité ou exploitable (par exemple supérieure à 50 ou 75 %), il est recommandé d'inclure le bassin versant superficiel à l'amont des pertes dans la délimitation de la zone de sauvegarde.
- Si les apports des pertes représentent une faible part du débit moyen (par exemple moins de 10 %), on pourra, dans un objectif de simplification, écarter les bassins versants de ces pertes de la zone de sauvegarde.
- Dans les cas intermédiaires, la délimitation de la zone de sauvegarde pourra n'inclure qu'une partie de l'impluvium de la perte sur la base d'une approche comparable à celle préconisée pour la détermination des périmètres de protection des captages d'eau superficielle, en tenant compte des vitesses de transfert sur le bassin versant des pertes puis dans l'aquifère karstique (p 66).

# Délimiter des zones de sauvegarde, comment faire ?

- Ce que propose la bibliographie



Etude des zones de sauvegarde des masses d'eau souterraines  
du Parc Naturel Régional de la Sainte-Baume

Rapport de phase 1

Pré-identification des zones de sauvegarde à l'échelle du Parc

Rédacteur : P. Fénat (HYDROFIS)  
Date émission : 12 novembre 2019



Etude des zones de sauvegarde des masses d'eau souterraines  
du Parc Naturel Régional de la Sainte-Baume

Rapport de phase 2

Caractérisation et validation des zones de sauvegarde à  
l'échelle locale

Rédacteur : P. Fénat (HYDROFIS)  
Date émission : 2 avril 2021



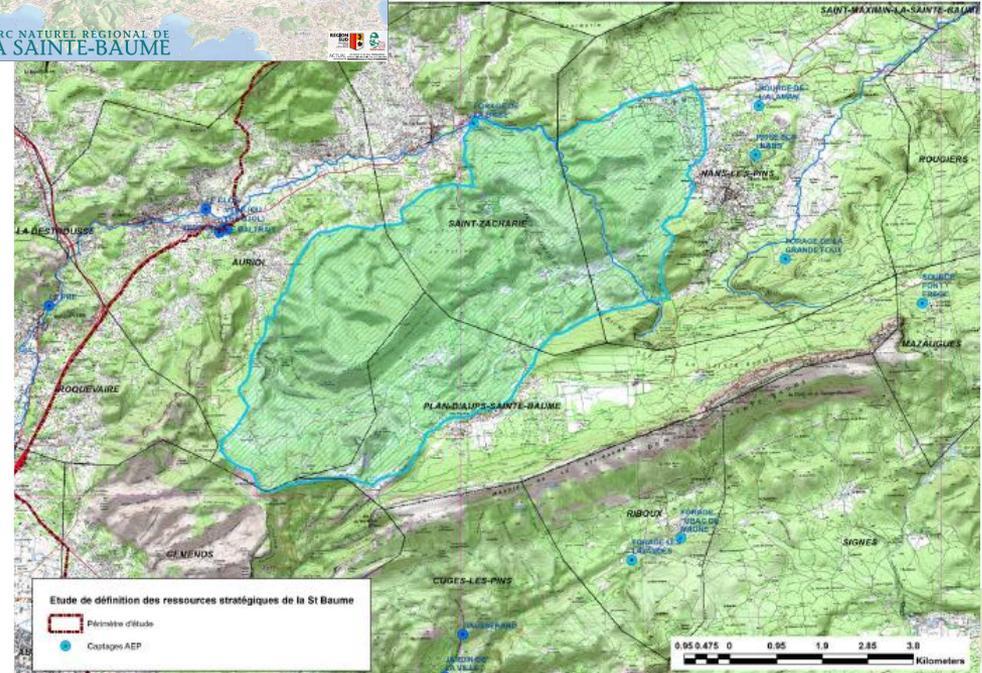
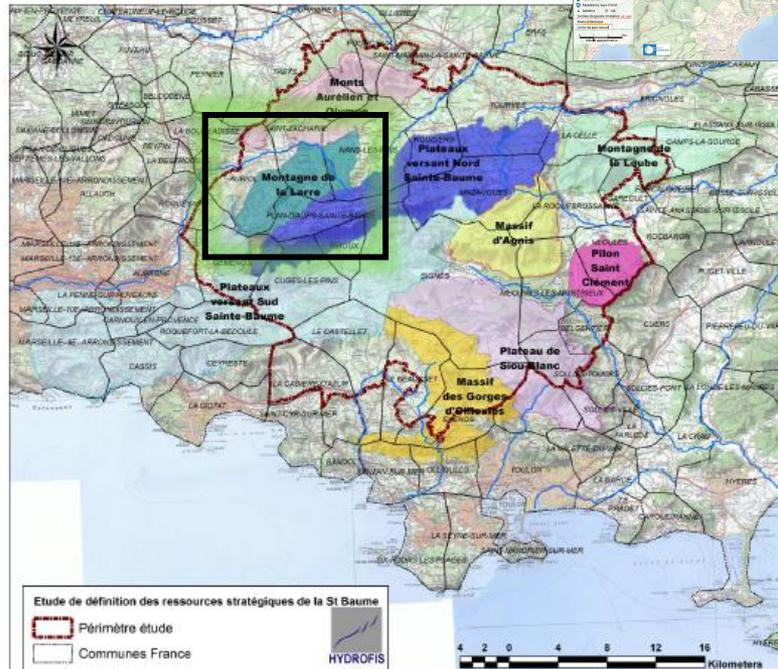
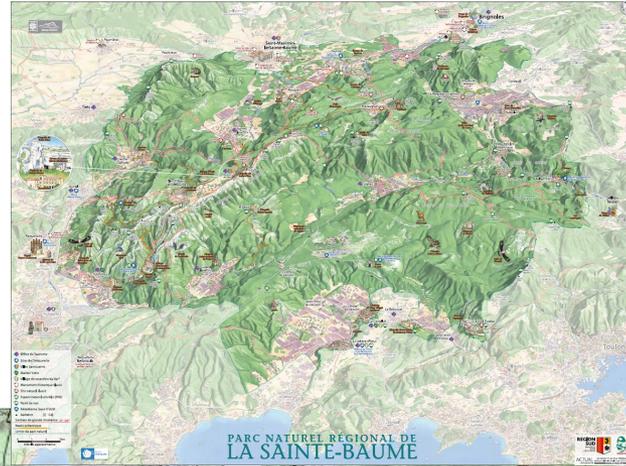
PARC NATUREL RÉGIONAL DE  
LA SAINTE-BAUME



# Délimiter des zones de sauvegarde, comment faire ?

- Ce que propose la bibliographie

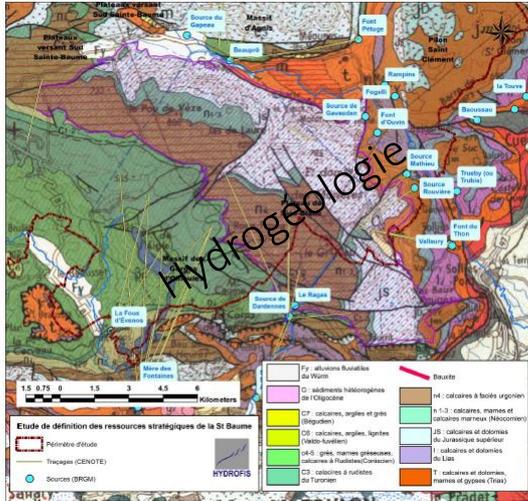
*Phase 1 : Pré-identification des secteurs de sauvegarde à l'échelle de l'étude avec comme principe de définir des secteurs susceptibles d'accueillir les zones de sauvegarde ; leurs limites en sont par nature imprécises.*



# Délimiter des zones de sauvegarde, comment faire ?

- o Ce que propose la bibliographie

Phase 1 : Pré-identification des secteurs de sauvegarde à l'échelle de l'étude avec comme principe de définir des secteurs susceptibles d'accueillir les zones de sauvegarde ; leurs limites en sont par nature imprécises.

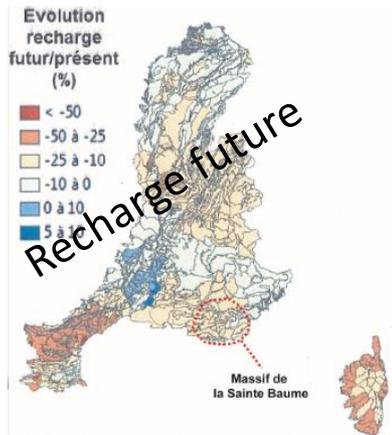
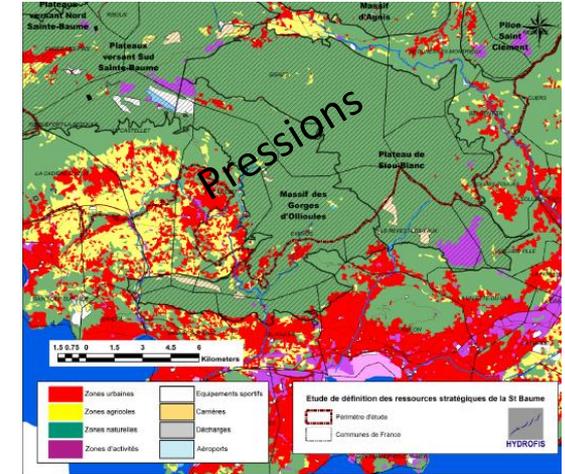


Unité	Apports par pertes	
	Mm <sup>3</sup> /an	
Plateau de Siou Blanc	0	

Unité	Surface (km <sup>2</sup> )	Coefficient d'infiltration	Module d'infiltration (l/s/km <sup>2</sup> )	Infiltration EP	
				Mm <sup>3</sup> /an	l/s
Plateau de Siou Blanc	100	90%	6	19	600

Unité	Source	Qualité

Unité	Vuln.	Epaisseur ZNS
Plateau de Siou Blanc		> 200 m

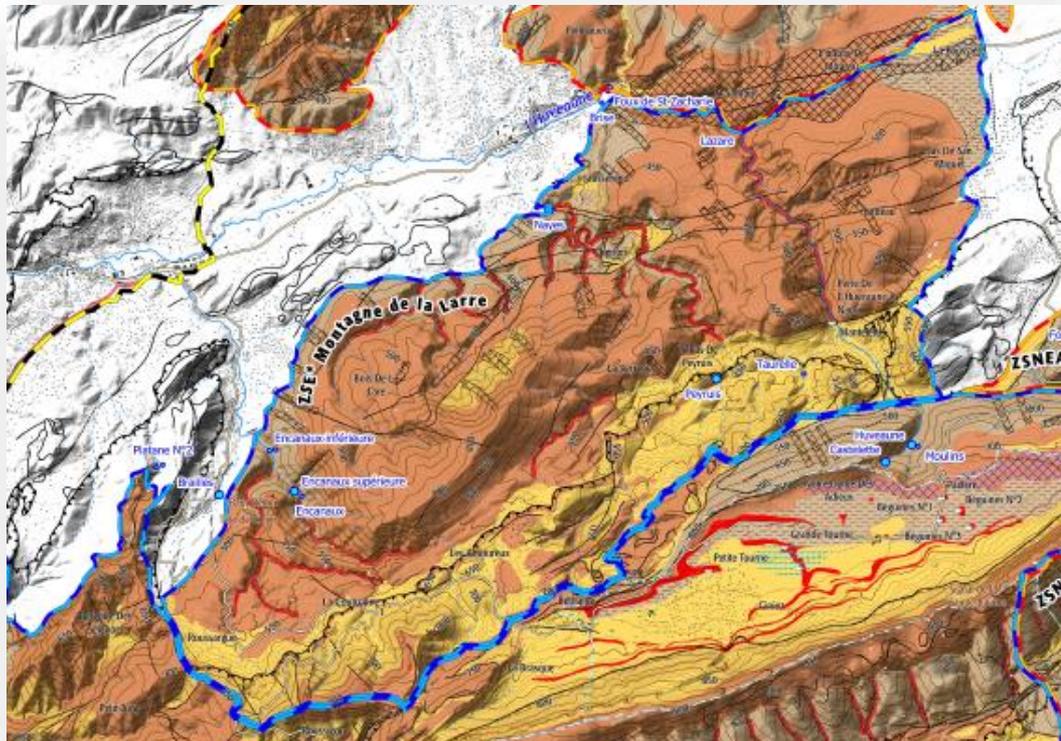


# Délimiter des zones de sauvegarde, comment faire ?

- Ce que propose la bibliographie

*Phase 2 : Caractérisation et validation des zones de sauvegarde à l'échelle locale*

*Analyse système par système pour quantifier les grandes modalités d'infiltration*



Source : Cenote (2019)

- Périmètre du Parc Naturel Régional de la Sainte-Baume
- Zone de sauvegarde retenue en Phase 1
- ZSE : Zone de sauvegarde Exploitée
- ZSNEA : Zone de Sauvegarde Non-Exploitée Actuellement

## Modalités d'infiltration

- Infiltration Concentrée : pertes et points d'absorption dans les talwegs, les mégadolines et les bordures de corrosion
- Infiltration Diffuse Directe : pas de concentration des eaux en surface
- Infiltration Diffuse Modérée : capacité d'infiltration réduite et tendance à la concentration des eaux en surface
- Infiltration Faible : zones de concentration des eaux en surface et sub-surface

- Formations superficielles résiduelles peu perméables
- Troitoir et plancher lapiazé souterré
- Structure de transfert vertical
- Zone endoréique Inondable

## Hydrographie

- Cours d'eau temporaire
- Cours d'eau permanent
- Source

## Indices karstiques

- Aven
- Grotte
- Baume
- Perte
- Doline

## Géologie

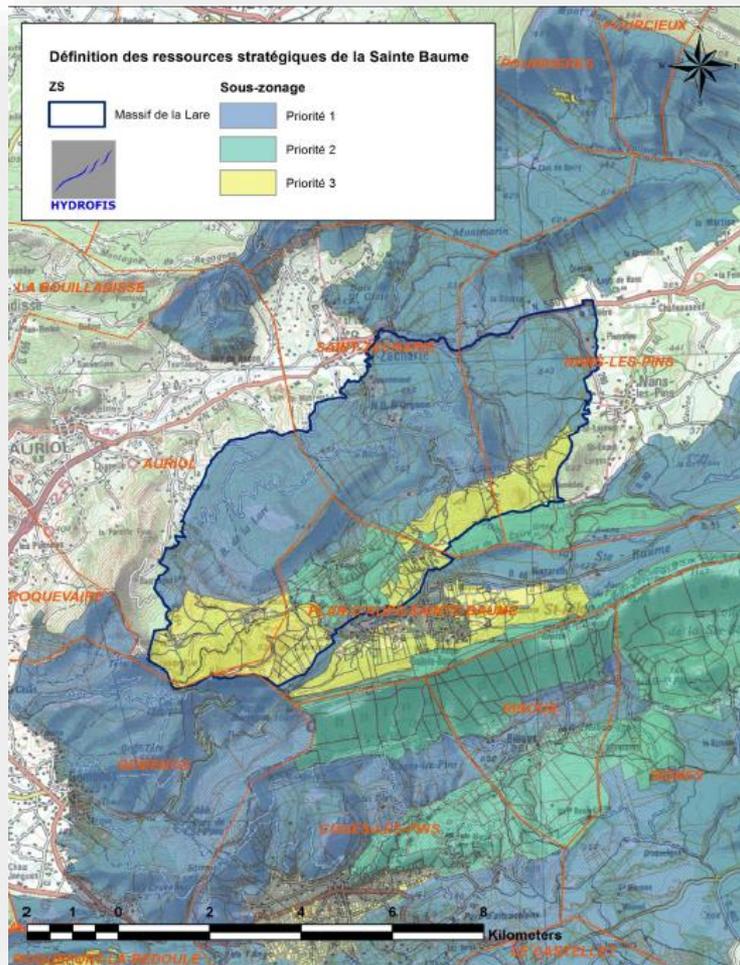
- Chevauchement
- Faille observée
- Faille supposée
- Chevauchement supposé

- ville
- Batis
- Réseau routier
- Autoroute
- Routes

# Délimiter des zones de sauvegarde, comment faire ?

- Ce que propose la bibliographie

Transposition de la carte des modalités d'infiltration en sous zone de sauvegarde afin à la fois de simplifier pour les non initiés et de coller à une échelle plus adaptée aux ambitions des ZSE



Source : Hydrofis (2021)

Zones de protection prioritaire (P1): il s'agit des impluviums qui participent à l'alimentation de champs captants existants ou à venir, avec infiltration directe puis migration rapide et non atténuée d'éventuelles pollutions (peu ou pas de dilution).

Zones de protection secondaire (P2) : Elles sont relatives à des aquifères dits « annexes », en position lointaine par rapport aux champs captants

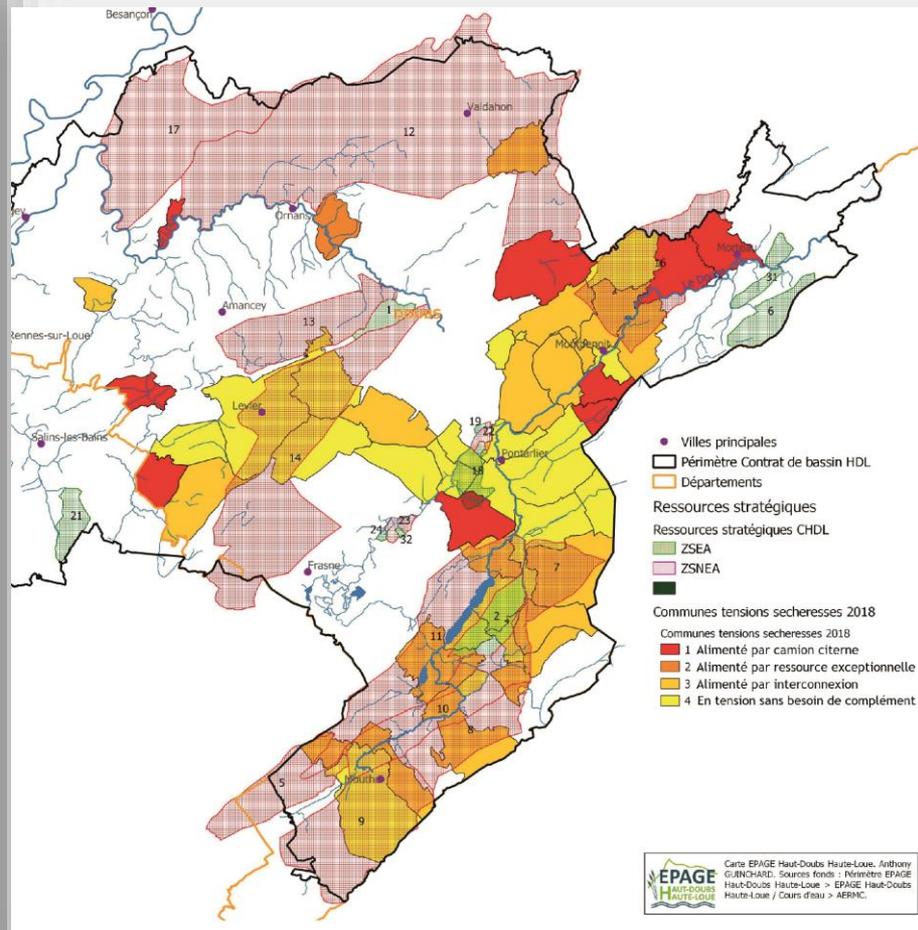
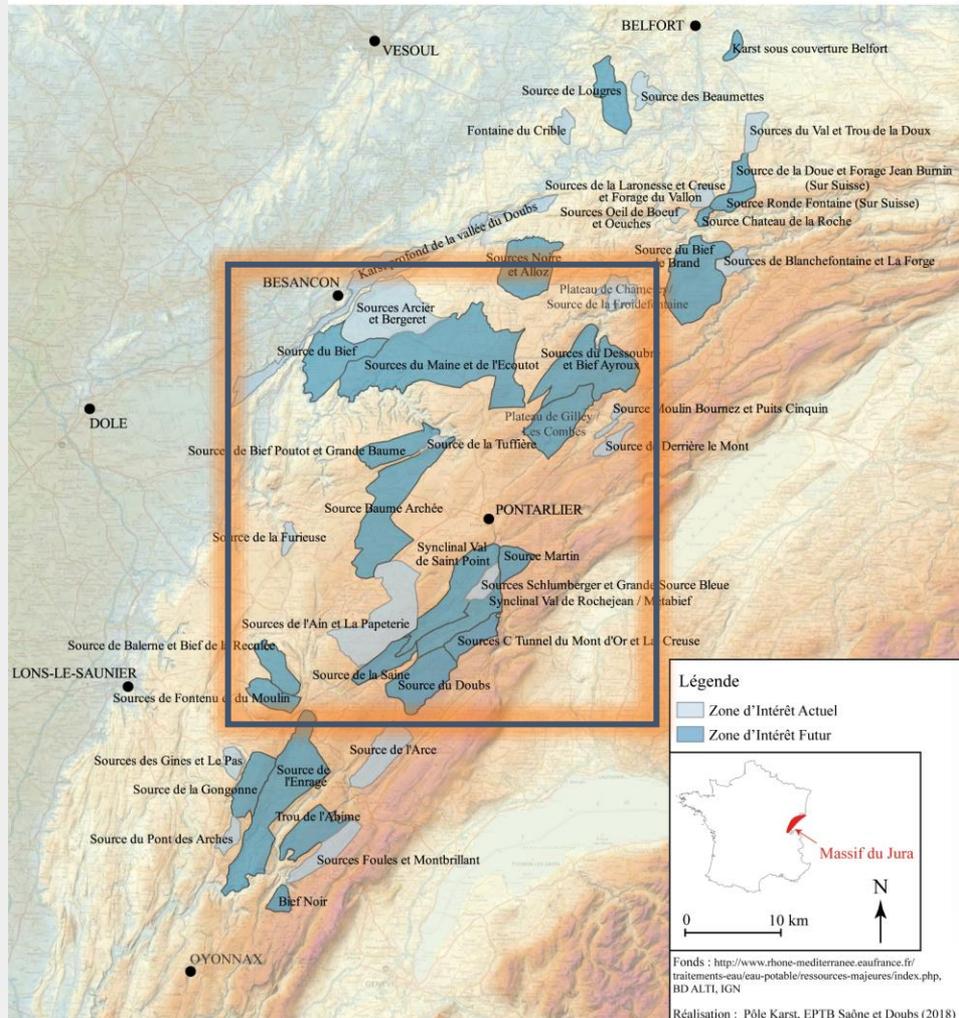
Zones de ruissellement (P3) : Elles sont caractérisées par une prédominance des phénomènes de ruissellement sur les phénomènes d'infiltration. L'alimentation des systèmes karstiques est alors indirecte (ruissellement puis infiltration). L'enjeu dans ces zones est la maîtrise des eaux pluviales pour éviter l'export indirect et différé de pollutions chroniques ou accidentelles vers les systèmes karstiques par temps de pluie.

# Quelles démarches dans le massif du Jura ?

## o Le contexte

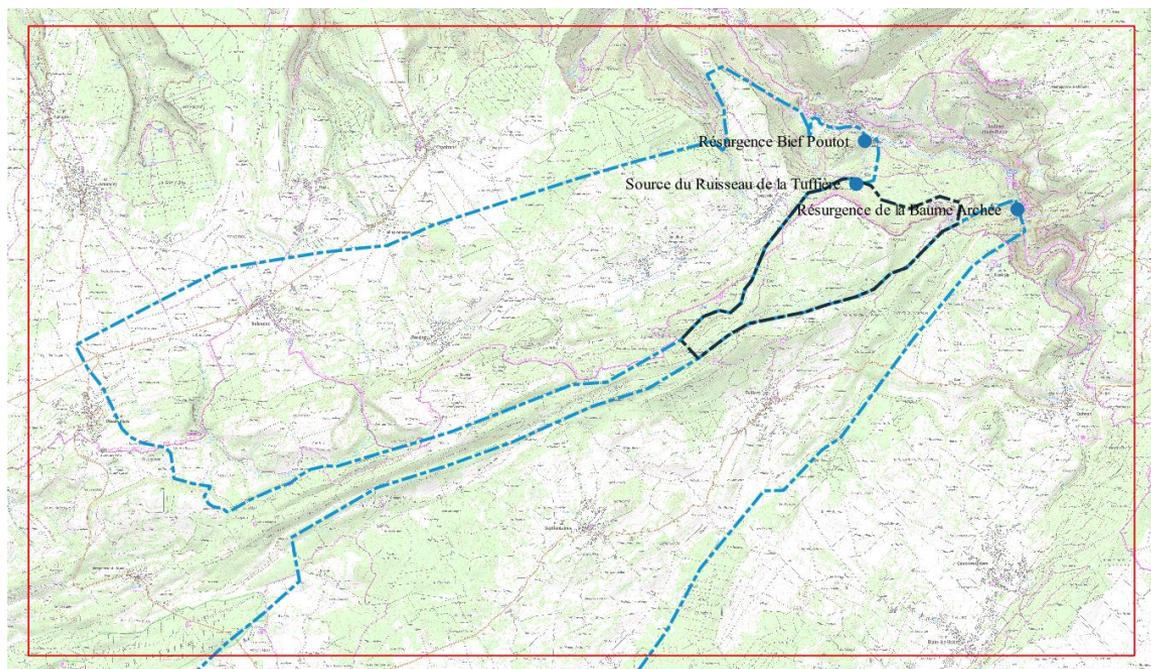
Ressources en eau dans le massif du Jura

Les zones d'intérêt pour l'alimentation en eau actuelle et future



# Quelles démarches dans le massif du Jura ?

- o Le contexte



**N°21. Sources de Bief Poutot et Grande Baume, Doubs**

Zone d'intérêt pour l'AEP :  Actuel  Futur

Superficie : 44 km<sup>2</sup>

## Quelques chiffres

Nom	Commune	Captée	Collectivité utilisatrice	Débit moy. prélevé	Débit étiage
Source de Bief Poutot	Lods	Non	Aucune	-	324 m <sup>3</sup> /h
Source de Grande Baume	Lods	Non	Aucune	-	180 m <sup>3</sup> /h



**Vulnérabilité :** sensibilité du milieu souterrain à une contamination.

**Risque :** probabilité qu'une pollution atteigne la ressource. La carte des risques résulte du croisement des cartes de vulnérabilité et d'occupation du sol.

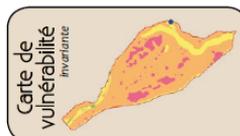
**N°22. Source de la Tuffière, Doubs**

Zone d'intérêt pour l'AEP :  Actuel  Futur

Superficie : 6 km<sup>2</sup>

## Quelques chiffres

Nom	Commune	Captée	Collectivité utilisatrice	Débit moy. prélevé	Débit étiage
Source de la Tuffière	Lods	Oui	SIE de la Haute-Loue	136,5 m <sup>3</sup> /h	20 m <sup>3</sup> /h



**Vulnérabilité :** sensibilité du milieu souterrain à une contamination.

**Risque :** probabilité qu'une pollution atteigne la ressource. La carte des risques résulte du croisement des cartes de vulnérabilité et d'occupation du sol.

**N°27. Source de Baume Archée, Doubs**

Zone d'intérêt pour l'AEP :  Actuel  Futur

Superficie : 130 km<sup>2</sup>

## Quelques chiffres

Nom	Commune	Captée	Collectivité utilisatrice	Débit moy. prélevé	Débit étiage
Source de Baume Archée	Moutrier-Haute-Pierre	Non	Aucune	-	-



**Vulnérabilité :** sensibilité du milieu souterrain à une contamination.

**Risque :** probabilité qu'une pollution atteigne la ressource. La carte des risques résulte du croisement des cartes de vulnérabilité et d'occupation du sol.

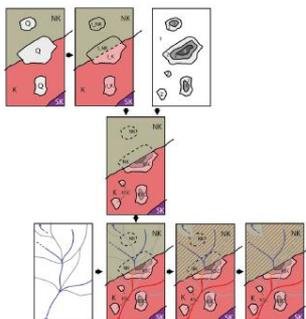
# Quelles démarches dans le massif du Jura ?

- Les outils : caractériser les modalités d'infiltration

Mandant : Conseil départemental du Jura  
17 rue Rouget de Lisle  
39000 Lons-Le-Saunier

## Carte du karst | France

### Méthodologie d'établissement



La Chaux-de-Fonds, le 25.01.2022

ISSKA  
SISKA  
ISSKA  
SISKA



INSTITUT SUISSE DE SPÉLÉOLOGIE ET DE KARSTOLOGIE  
SCHWEIZERISCHES INSTITUT FÜR SPELEOLOGIE UND KARSTFORSCHUNG  
ISTITUTO SVIZZERO DI SPELEOLOGIA E CARSTOLOGIA  
SWISS INSTITUTE FOR SPELEOLOGY AND KARST STUDIES

Rue de la Serre 68 • CH-2301 La Chaux-de-Fonds • ☎ +41 (0)32 913 35 33 • info@isska.ch • www.isska.ch • Banque Raiffeisen IBAN CH93 8025 1000 024 7260 3

## Carte Karst / légende

### Plans d'eau, lacs

- Lac infiltrant
- Lac exfiltrant

### Alimentation

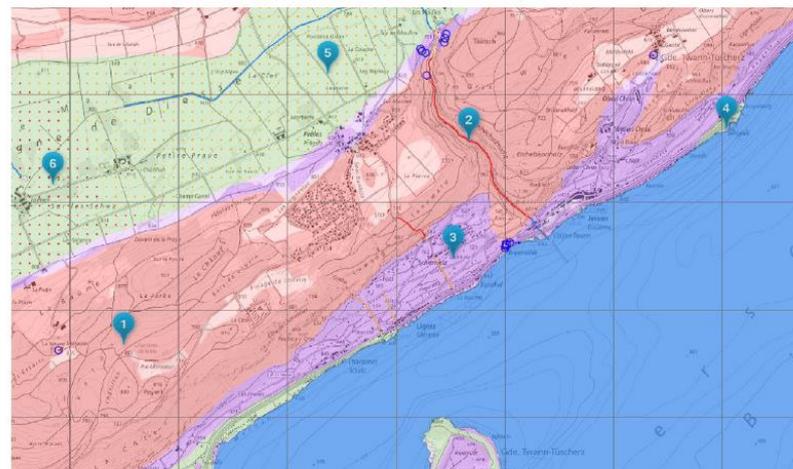
- Bassin endoréique
- Surface allogénique
- Zone de sub-artésianisme

### GWN25 - Infiltration karst

- Indéterminé
- Infiltration probable ou démontrée
- Infiltration supposée
- Infiltration négligeable

### Infiltrabilité karst

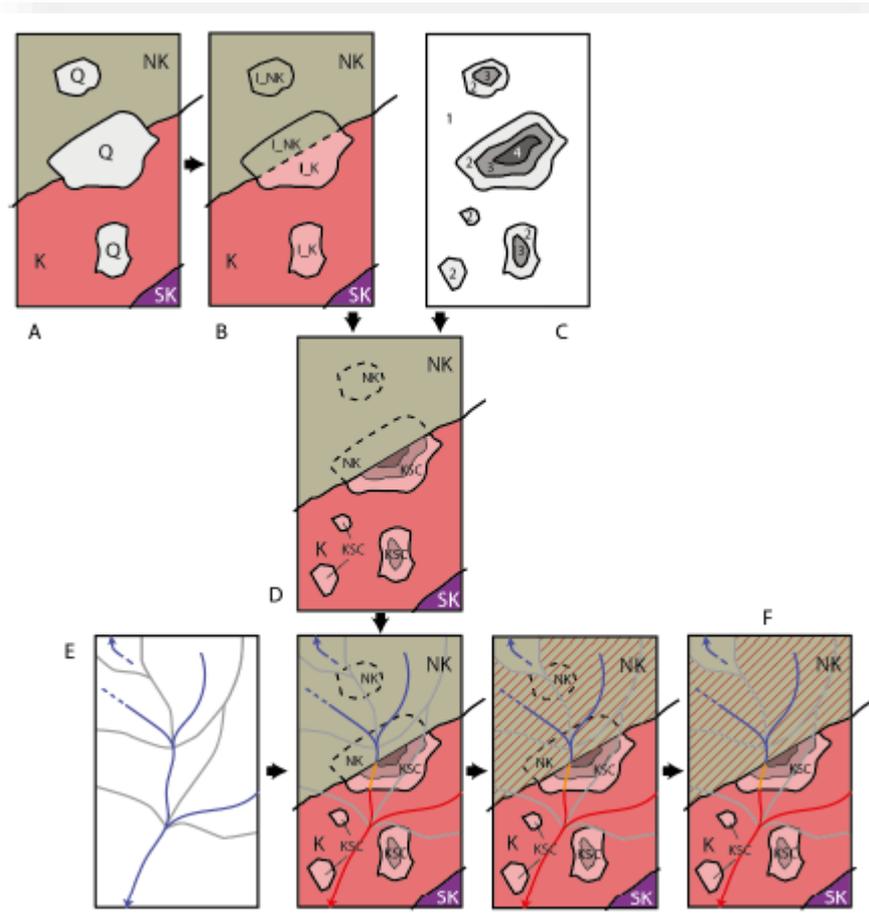
- Indéterminée
- Karst à l'affleurement
- Karst sous couverture (> 2 m)
- Semi-karstique à l'affleurement
- Semi-karstique sous couverture (> 2m)
- Karst évaporitique à l'affleurement
- Karst évaporitique sous couverture (> 2 m)
- Partiellement carbonaté à l'affleurement
- Partiellement carbonaté sous couverture (> 2 m)
- Non-karst



1. Zone de karst à l'affleurement avec absence de couverture significative (infiltrabilité maximale in-situ).
2. Cours d'eau traversant une zone de karst à l'affleurement, hors zone de sub-artésianisme (infiltrabilité maximale, perte partielle à totale du cours d'eau selon la période de l'année).
3. Zone semi-karstique à l'affleurement avec absence de couverture significative (infiltrabilité moyenne voire importante localement).
4. Zone non karstique (pas d'infiltration localement) et les ruissellements ne s'infiltrent pas dans les aquifères karstiques en aval.
5. Zone non karstique (pas d'infiltration localement) mais drainée par un cours d'eau qui se perd partiellement ou totalement en aval (surface allogénique).
6. Zone non karstique (pas d'infiltration localement) mais drainée par un cours d'eau qui se perd totalement en aval dans une perte karstique (bassin endoréique).

# Quelles démarches dans le massif du Jura ?

- Les outils : caractériser les modalités d'infiltration



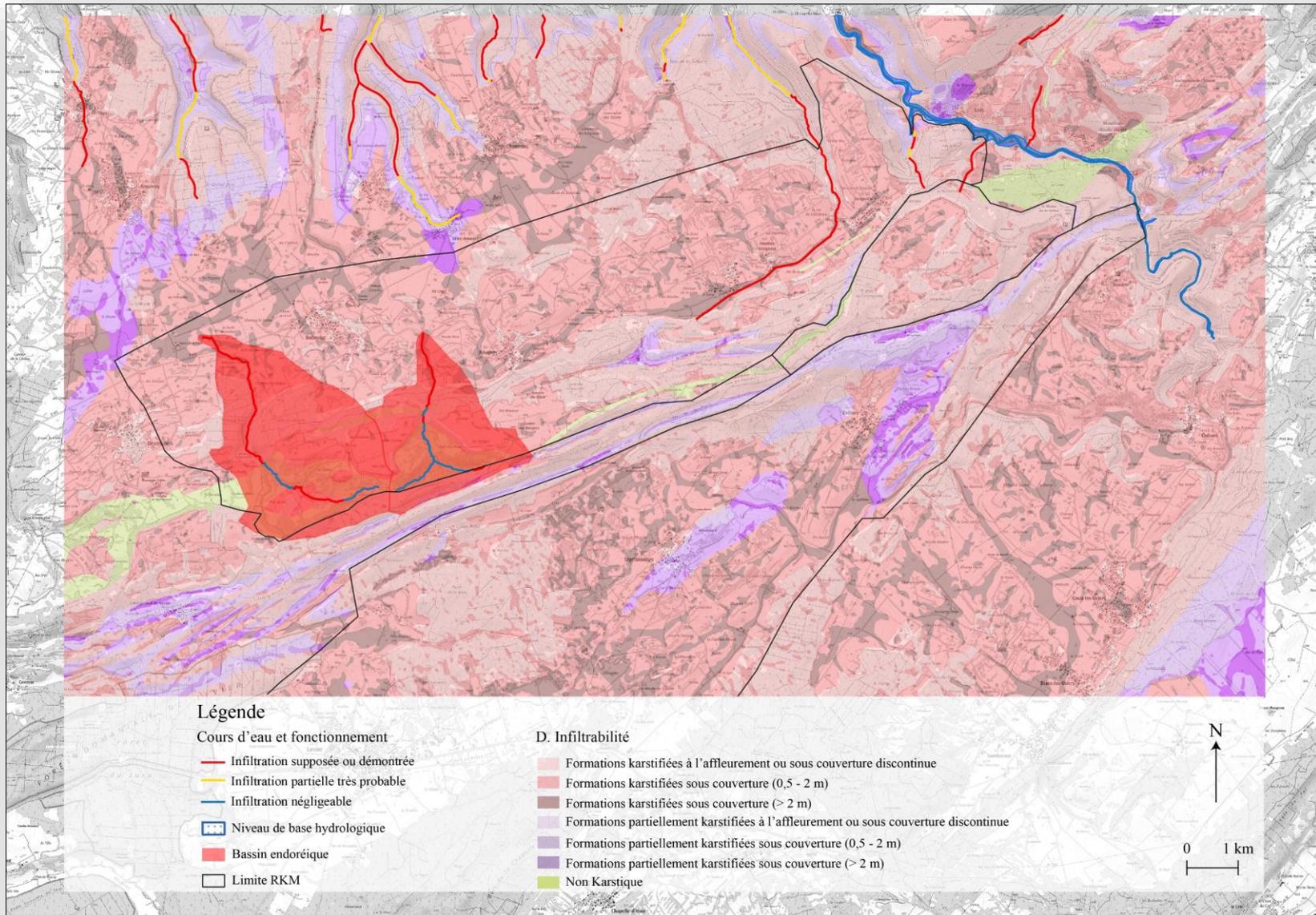
Source : ISSKA (2022)

Étapes d'établissement de la carte du karst :

- A. Index karst des formations rocheuses à l'affleurement (K = karstique, NK = non karstique, SK = semi karstique, Q = formations quaternaires de couverture)
- B. Index karst des formations sous-couverture quaternaire (I\_K = karst sous-couverture, I\_NK = formations non karstiques sous couverture, etc.)
- C. Carte d'épaisseur des formations de couverture
- D. Carte d'infiltrabilité
- E. Infiltrabilité des cours d'eau et plans d'eau
- F. Surfaces d'alimentation allochtones et carte karst finale

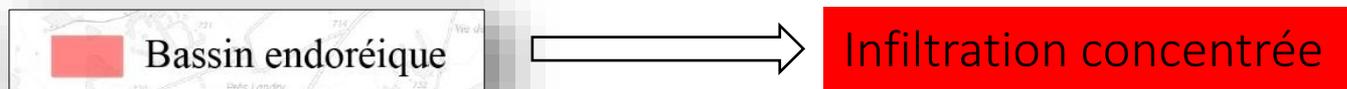
# Quelles démarches dans le massif du Jura ?

- Les outils : caractériser les modalités d'infiltration



# Quelles démarches dans le massif du Jura ?

- Les outils : caractériser les modalités d'infiltration



Formations karstifiées à l'affleurement ou sous couverture discontinue  
Formations karstifiées sous couverture (0,5 - 2 m)

Formations partiellement karstifiées à l'affleurement ou sous couverture discontinue  
Formations partiellement karstifiées sous couverture (0,5 - 2 m)



Formations partiellement karstifiées sous couverture (> 2 m)

Formations karstifiées sous couverture (> 2 m)

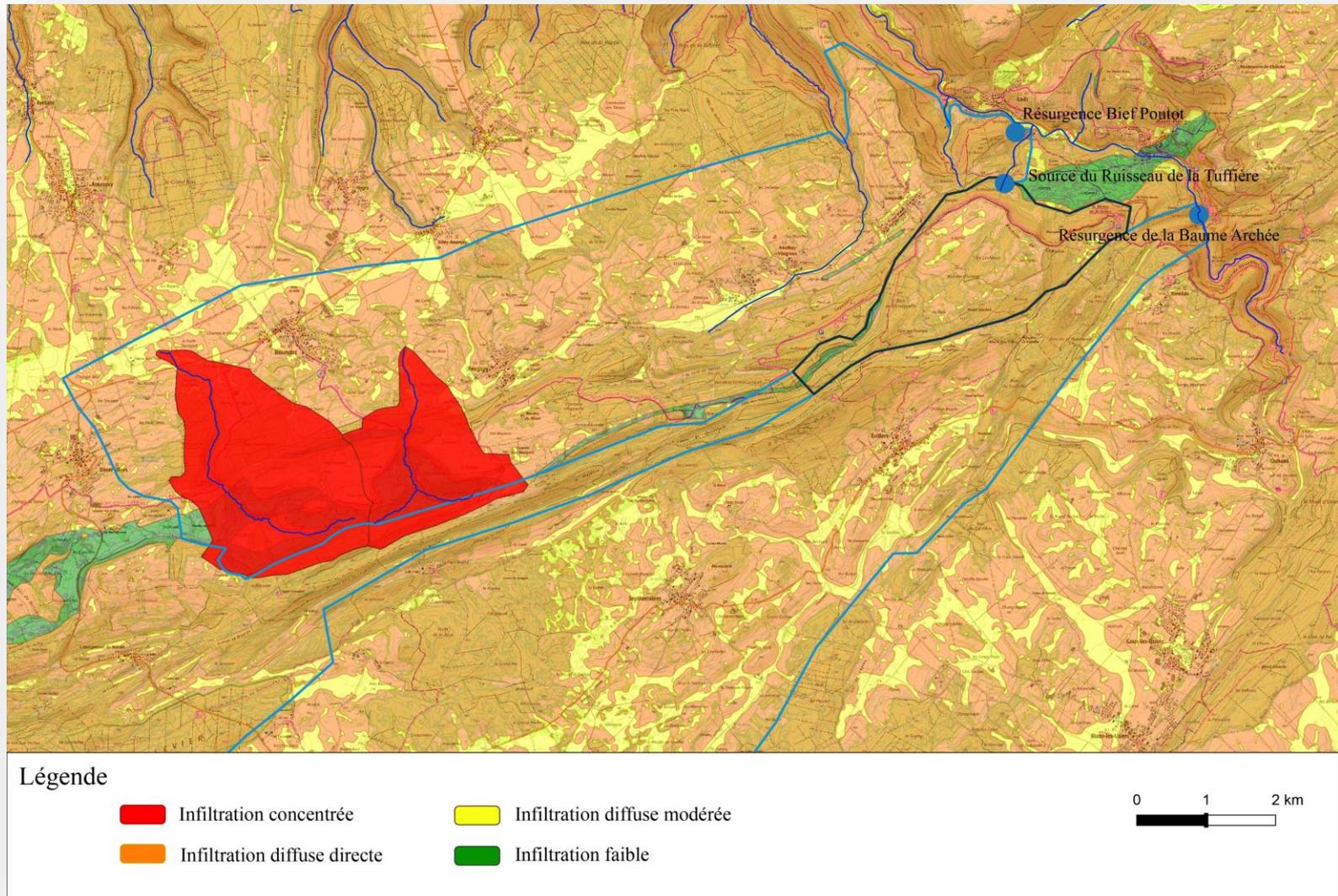


Non Karstique



# Quelles démarches dans le massif du Jura ?

- Les outils : caractériser les modalités d'infiltration



# Quelles démarches dans le massif du Jura ?

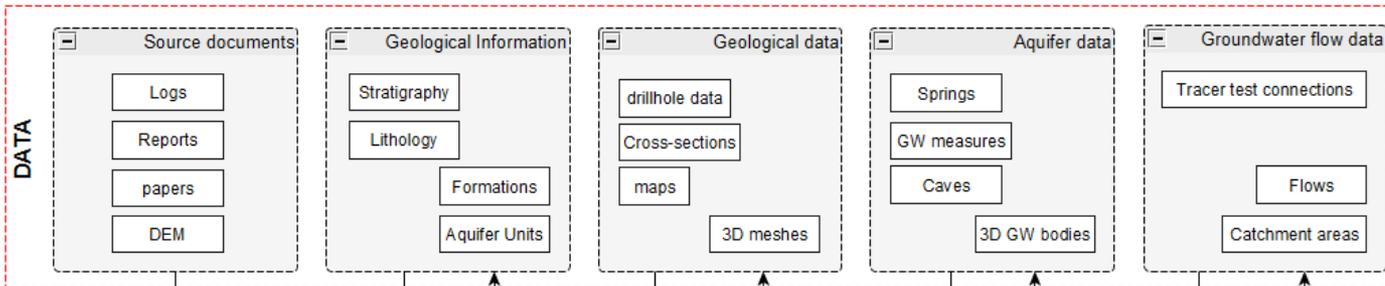
- Les outils : “partitionner” les aquifères



Data

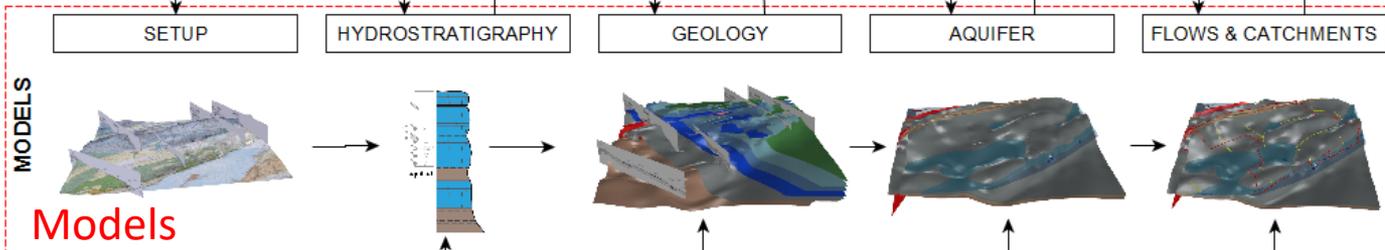


1

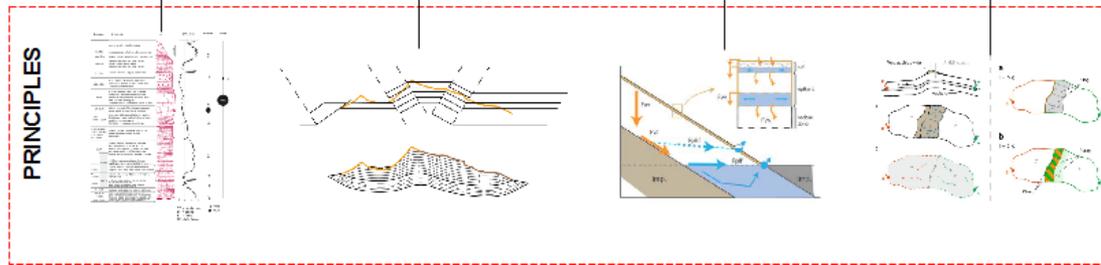


Database

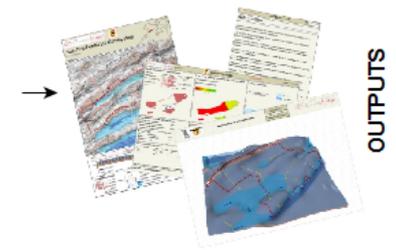
2



Models



PRINCIPLES

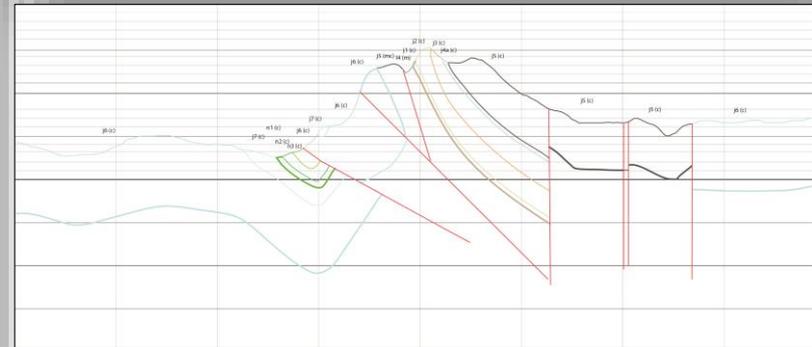
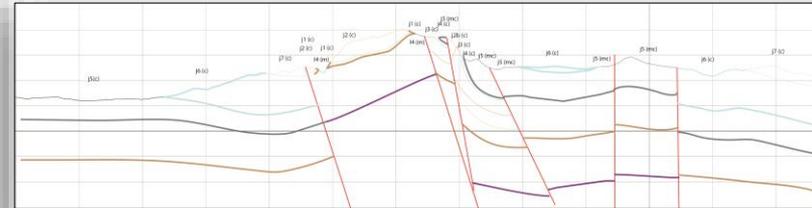
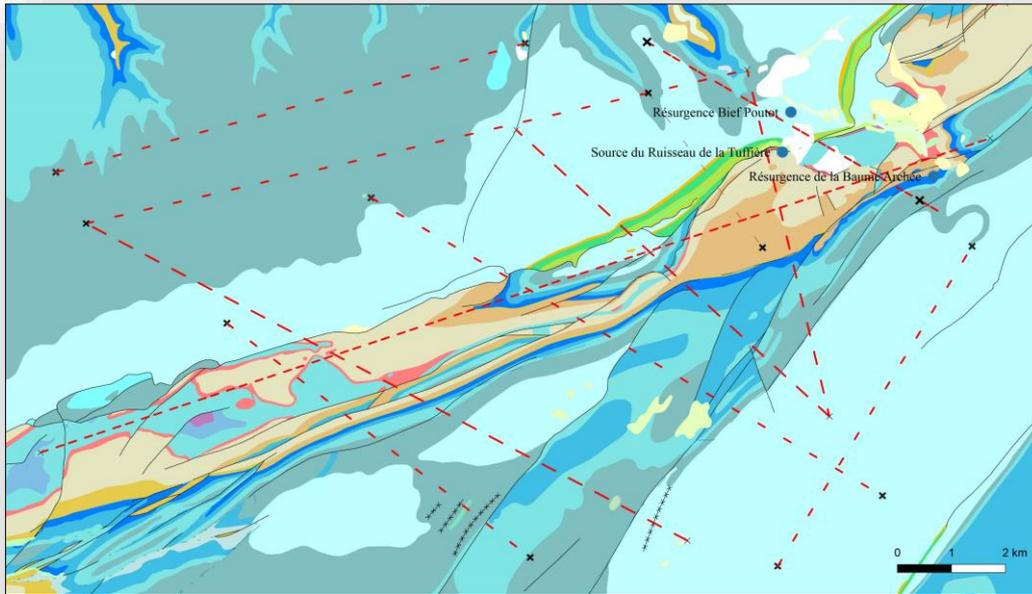


OUTPUTS



# Quelles démarches dans le massif du Jura ?

- o Les outils : "partitionner" les aquifères



GEO050K\_HARM\_025\_S\_FGEOI\_2154

- e1, Calcaires mameux, crayeux, altérisés, à *Acanthoeceras rothomagensis*, *Sophtiles aequalis*, *Turritiles costatus* des syntrochus de la vallée de l'Ognon (Cronomanien) - 57 - Lithologie(x) principale(x) : calcaire mameux, craie (Roches sédimentaires) Epaisseur : approximativement 40-50m
- e3, Calcaires bioclastiques glauconneux ou ferrugineux, associés à des marnes dans la vallée de l'Ognon et la dépression de la Saône, marnes grises à *Exogyra colorata* (Marnes d'Hauterive)(Hauterive) - 64 - mame (33%+CO3+66%), calcaire oolithique, calcaire spatulique (ou cristallin) (Roches sédimentaires) Epaisseur : 50
- n2, Calcaires noirs oolithiques à *Pholadomya elongata*, ferrugineux, exploités aux Grangettes et à Oye-et-Paillet, équivalent moins riche de la "limonite de Mézière" (Vallangrainien) - 65 - calcaire, mame calcaire (86+CO3+82) (Roches sédimentaires) Epaisseur : difficile d'apprécier sa puissance à cause des pils dysharmoniques, estimée à 25-30m
- n1, Calcaires bruns, dominiques, brèches à calcaux noirs, argiles verdâtres, marnes claires, laune saumâtre et d'eau douce : *Cerithium*, *Turritella*, *Planorbis*, *Cyprina* ; lentilles de gypse des Fins (exploité) (Purbœckien)(Berasien) - 66 - calcaire dolomitique, calcaire organique, argile, mame (33%+CO3+66%) (Roches sédimentaires) Epaisseur : 10-20m, variation (Observation) (origine tectonique)
- l7, Calcaires à tubulures café-au-lait fermés (à Grèves) (croupe de Challey) et calcaires hydrauliques (à la base, calcaires dolomitiques)(cargneules)(lacunes au sommet (Tibonien) - 68 - calcaire bioclastique, calcaire dolomitique, calcarenite Epaisseur : 30 à 50m voire ++
- l6, Calcaires massifs à débris, calcaires grès-mameux, crayeux des gorges de Noailles, calcaires massifs détritiques (Virgulin & *Pléioceras*(Kimmeridgien) - 70 - mame (33%+CO3+66%), calcaire graveleux, calcaire construit, calcaire détritique (Roches sédimentaires) Epaisseur : 150-170m
- l5-6aF, Calcaires graveleux plus ou moins crayeux, grévaux et marnes (Pierre blanche de Risoux, marnes et calcaires de Besançon)(facès Séquanien inférieur, Oxfordien supérieur-Kimmeridgien inférieur) - 76 - calcaire subthoragique, calcaire graveleux, calcaire grésueux (Roches sédimentaires), marnes (Roches métasédimentaires) Epaisseur : 60 à 80m
- l5c2-6aC, Calcaires du Séquanien moyen et supérieur indifférenciés (Oxfordien terminal-Kimmeridgien inférieur) - 77 - calcaire, mame (33%+CO3+66%) (Roches sédimentaires) Epaisseur : 50m
- l5c2-6aM, Marnes grises et calcaires gréseux, oolithiques, lumacheliques ou argileux bioclastiques (Séquanien moyen, Oxfordien terminal-Kimmeridgien basal) - 78 - mame (33%+CO3+66%), calcaire grésueux, calcaire oolithique, calcaire bioclastique (Roches sédimentaires) Epaisseur : 20 à 30m
- l5c1c, Calcaires fins blancs crayeux, calcaires graveleux jaunes, se terminant par une dalle calcaire grésueuse, Calcaires de Clerval, Isaldes de Mouchard, Calcaires de Rôle-sur-le-Doubs (Séquanien inférieur, Oxfordien supérieur basal) - 79 - calcaire subthoragique, calcaire grumeleux, calcaire oolithique, calcaire grésueux (Roches sédimentaires) Epaisseur : 25 à 30m
- l5c1R, Calcaires oolithiques et calcaires à *Polypterus*, calcaires récifaux, calcaires noduleux, oolithiques (de Pagnoz), psilothique (Rauscion)(Oxfordien supérieur) - 80 - calcaire récifal, calcaire oolithique, calcaire noduleux, calcaire psilothique (Roches sédimentaires) Epaisseur : 25 à 80m
- l5aA, Marnes et mame-calcaires (couches d'Erffingen et du Geisberg), *Astartes*, calcaires hydrauliques et couches à sphérites (Argovien)(Oxfordien moyen) - 81 - mame (33%+CO3+66%), mame calcaire (86+CO3+80), calcaire argilo sableux, calcaire (Roches sédimentaires) Epaisseur : 40 à 50m
- l5a, Marnes gris-noir à ammonites pyrithées, *Crinoceras rengeggi* (Oxfordien inférieur) - 83 - mame (33%+CO3+66%) (Roches sédimentaires)
- l4-5, Calcaires argileux oolithiques et marnes à *Crinoceras rengeggi* (Calovien-Oxfordien indifférenciés) - 84 - calcaire argileux (80%+CO3+90%), mame (33%+CO3+66%) Epaisseur : variable en raison des déformations tectoniques, 25 à 40m
- l3-4b, Calcaires (Calovien inférieur et Bathonien non différenciés) - 85 - calcaire, calcaire oolithique, mame (33%+CO3+66%) Epaisseur : 60 m
- l4b, Calcaires argileux, oolithes ferrugineuses, *Renebeckia antip* (Actinial du Lamont, Pontarlier)(Calovien supérieur) - 86 - calcaire argileux (80%+CO3+90%), oolithe ferrugineuse
- l4a, Calcaires localement oolithiques, lumachelles, marnes, "dalle nacré", lacunes (Calovien inférieur) - 87 - calcaire, lumachelle (?), calcaire oolithique (Roches sédimentaires) Epaisseur : 5 à 25m
- l3, Calcaires compacts, parties bicolors, oolithiques, spatuliques, marnes, calcaires à Momes, calcaires à silex (Bathonien) - 88 - calcaire, calcaire oolithique, mame (33%+CO3+66%), calcaire à silex, Epaisseur : 60 à 80m
- l3bc, Marnes à *Rhynchonelles* (de Belfort), calcaires compacts (de la citadelle), calcaires oolithiques, spatuliques (Bathonien moyen à supérieur) - 89 - mame (33%+CO3+66%), calcaire lithographique, calcaire oolithique, Epaisseur : 1 à 20m
- l3a, Calcaires oolithiques, bioclastiques à tâches, calcaires mameux en dalles fines, hard-ground au sommet, calcaires de Bavillers (Bathonien inférieur) - 90 - calcaire oolithique, calcaire bioclastique, calcaire argileux (80%+CO3+90%) Epaisseur : 1 à 30m (Clerval), Epaisseur diminue vers l'Est
- l2b, Calcaires oolithiques (Grande oolithe) à entroques, petites huîtres, marnes à *C. acuminata* (Vésulien), *subfulcatus*, *Garandii*, *Parkinsonia*, lacunes (Bajocien supérieur) - 91 - calcaire oolithique, calcaire bioclastique, calcaire à silex, mame (33%+CO3+66%), Epaisseur : 30 à 90m
- l2a, Calcaires à entroques (de Vesoul) au nord, polyptères, calcaires à silex (de Messia), calcaires spatuliques (à Soevy) (Bajocien inférieur) - 93 - calcaire, calcaire argileux (80%+CO3+90%), mame (33%+CO3+66%), Epaisseur : 25-30m
- l1, calcaires ferrugineux inférieurs, calcaires roux sableux, calcaires oolithiques, puis minéral de fer et calcaires supérieurs de Tournans et Rougemont (Aélien) - 95, oolithe ferrugineuse, calcaire grésueux, grès, mame (33%+CO3+66%), Epaisseur : 10 à 30m
- l1a, Calcaire et minéral de fer, mines de Lissay, Deluz (Aélien supérieur) - 96 - oolithe ferrugineuse, calcaire bioclastique, mame sableuse, Epaisseur : 5 à 15m
- l1-11, Marnes (Garonien-Aélien indifférenciés) - 97 - mame (33%+CO3+66%) (Roches sédimentaires) Epaisseur : 20m



## Série\_RKM

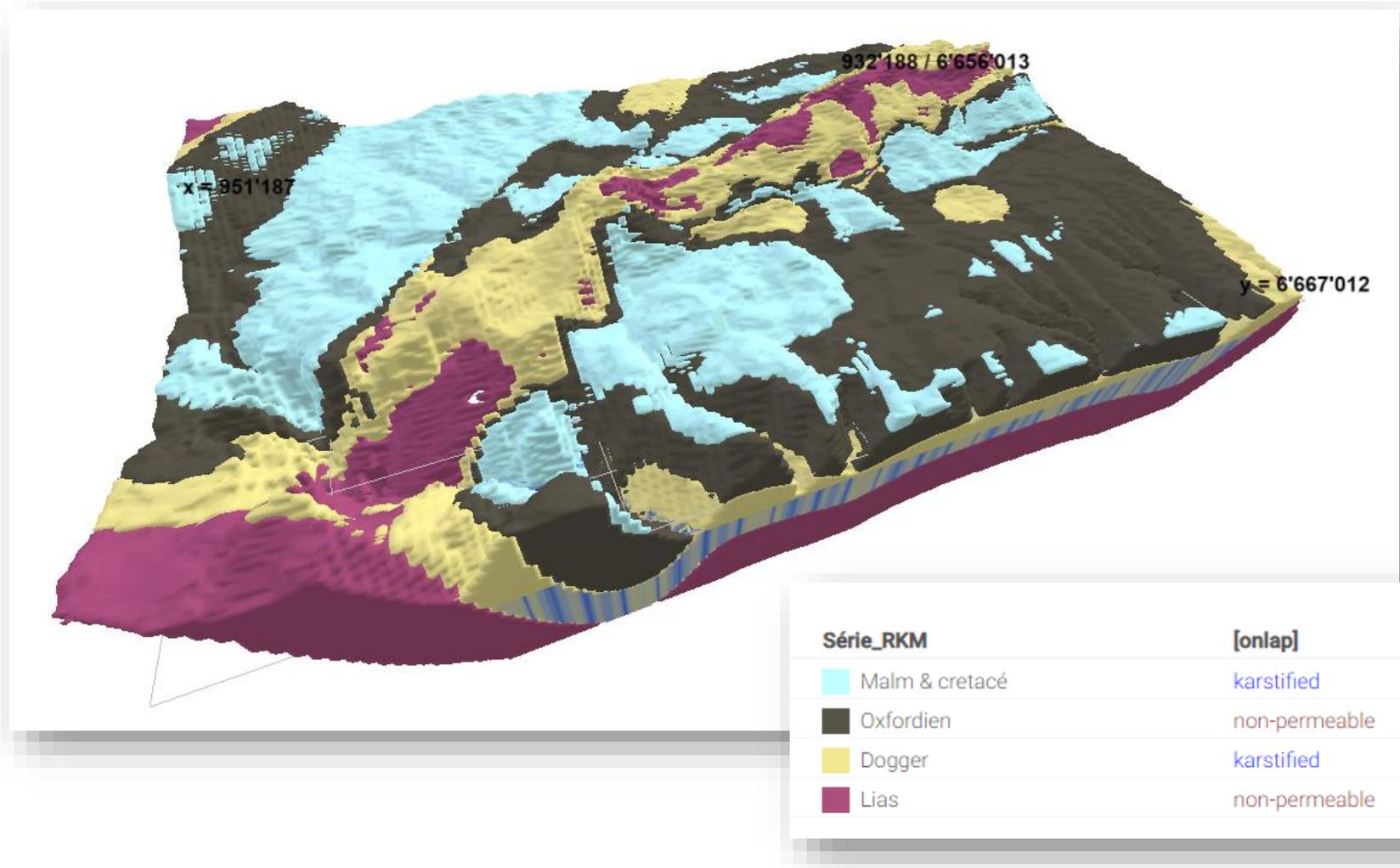
- Malm & cretacé
- Oxfordien
- Dogger
- Lias

## [onlap]

- karstified
- non-permeable
- karstified
- non-permeable

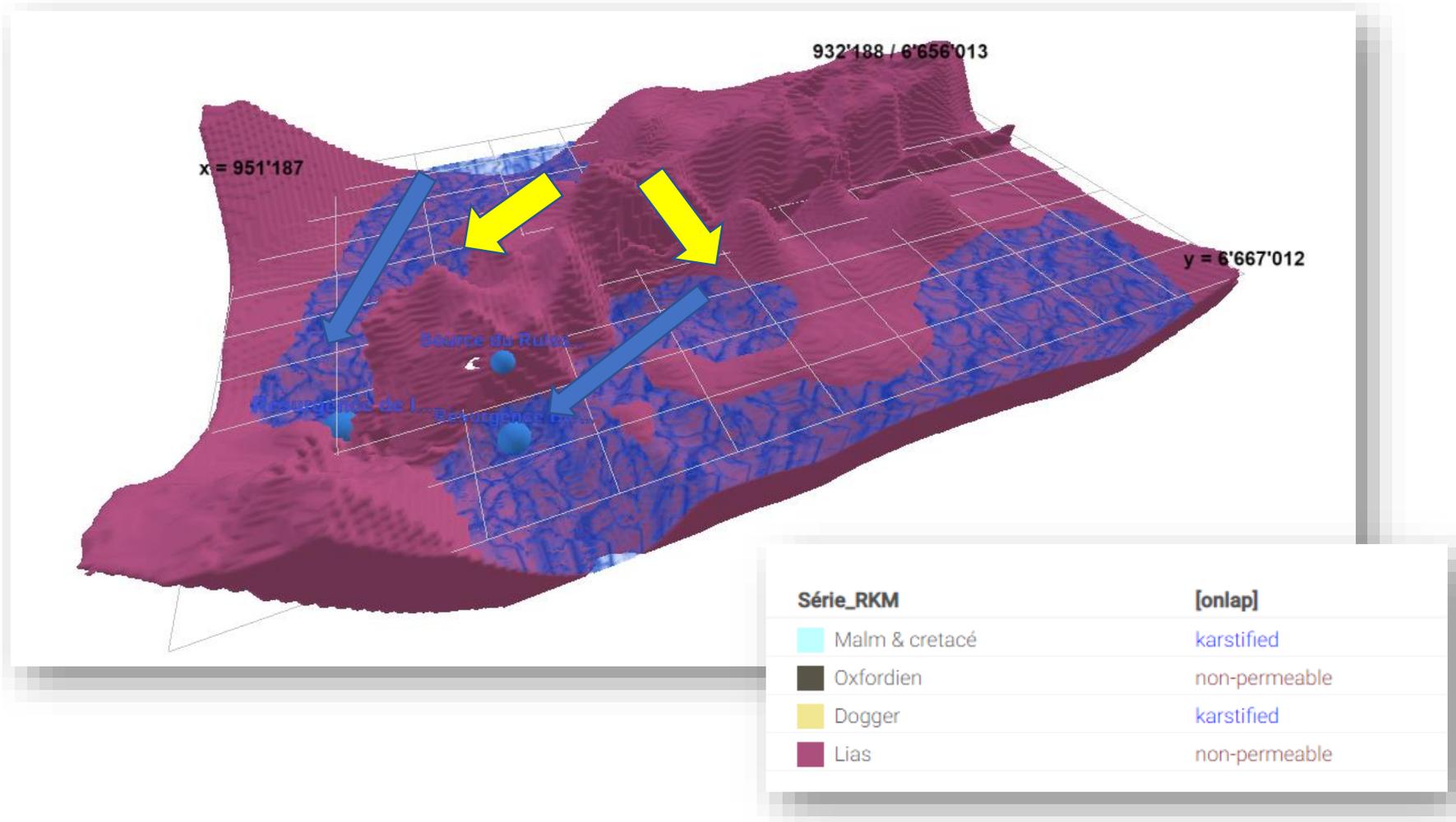
# Quelles démarches dans le massif du Jura ?

- Les outils : “partitionner” les aquifères



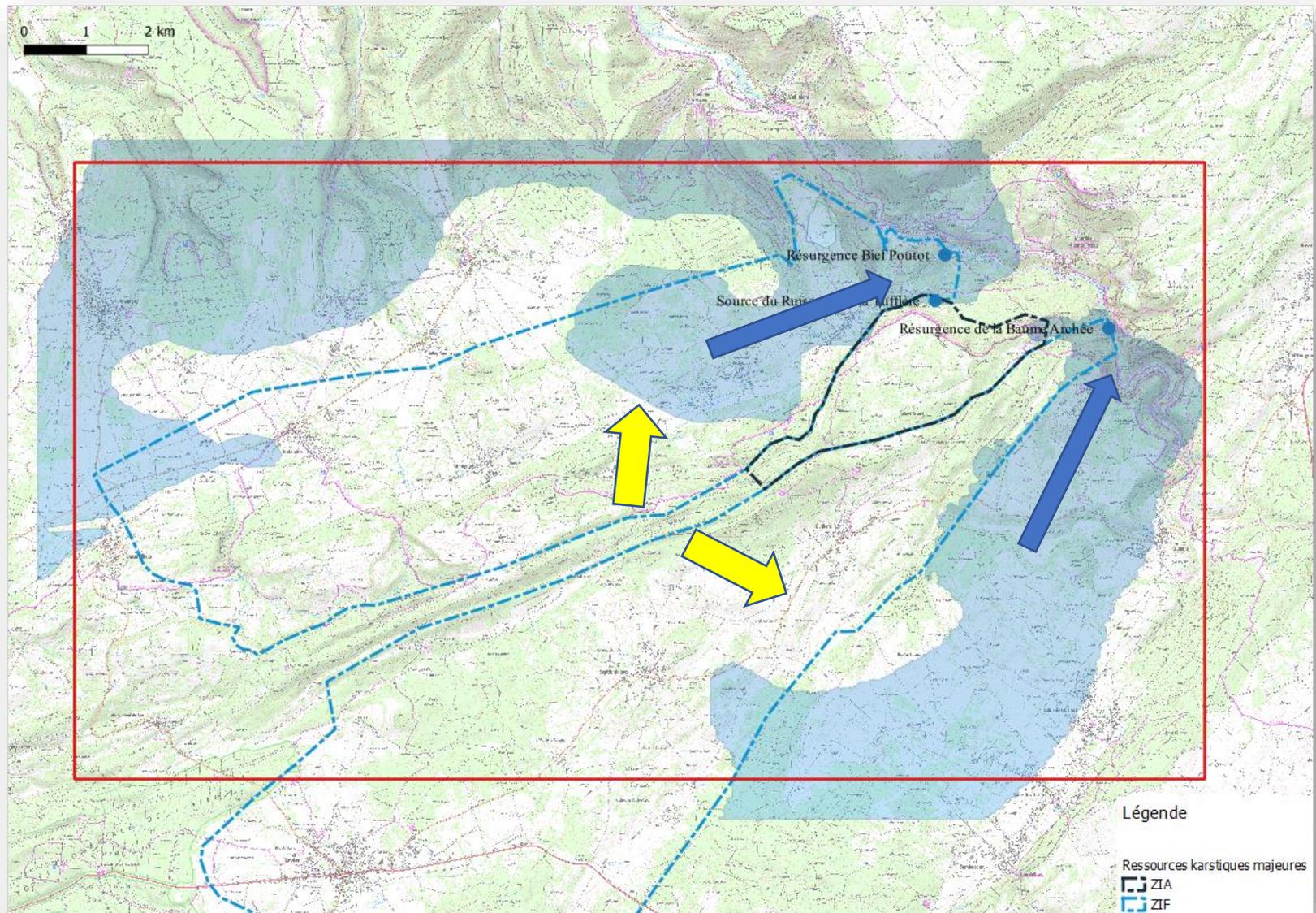
# Quelles démarches dans le massif du Jura ?

- Les outils : “partitionner” les aquifères



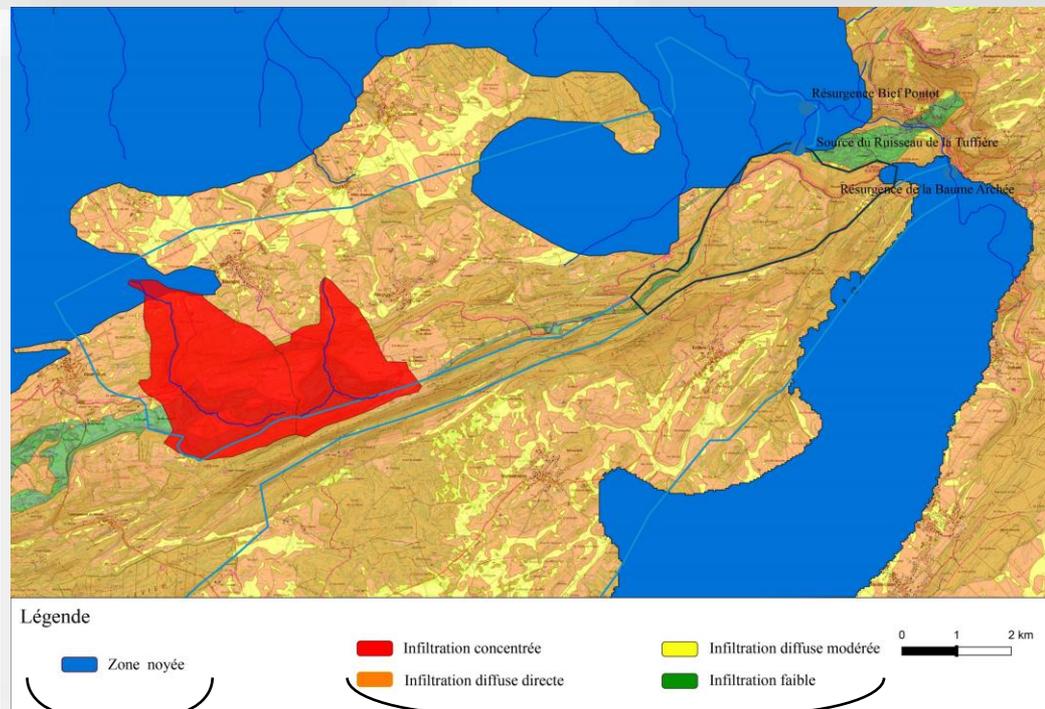
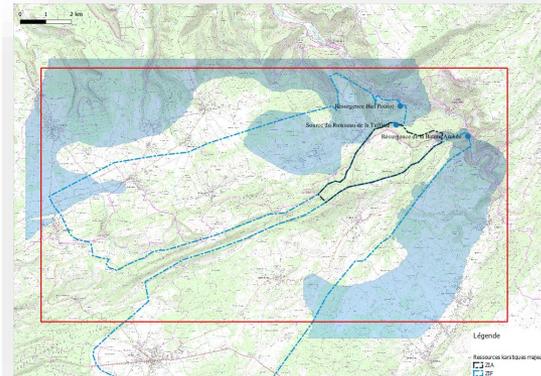
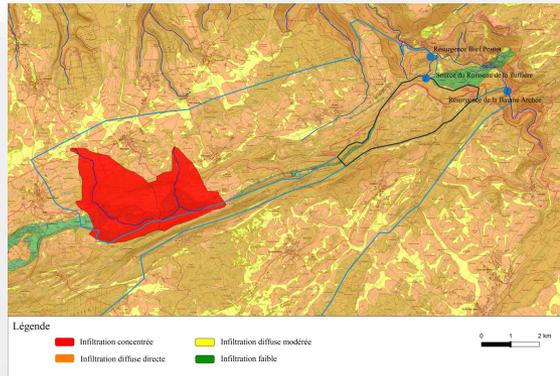
# Quelles démarches dans le massif du Jura ?

- Les outils : “partitionner” les aquifères



# Quelles démarches dans le massif du Jura ?

- Les outils : assembler surface et souterrain



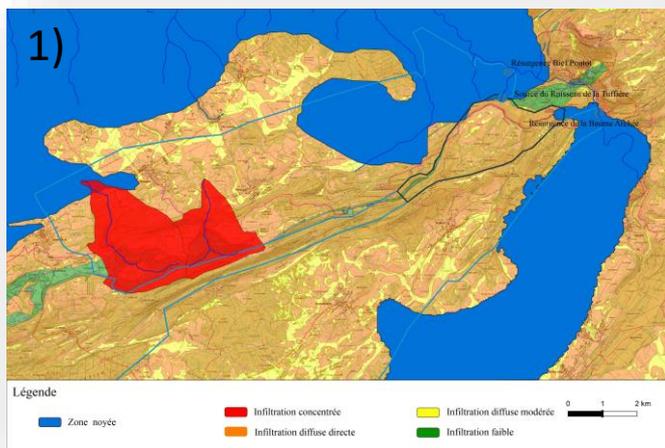
Zone 1

Zone 2

# Quelles démarches dans le massif du Jura ?

- Quel plan d'actions ?

Nécessite de croiser entre 1) zonations proposées (fonctionnement et contexte local), 2) les pressions et 3) les outils mobilisables

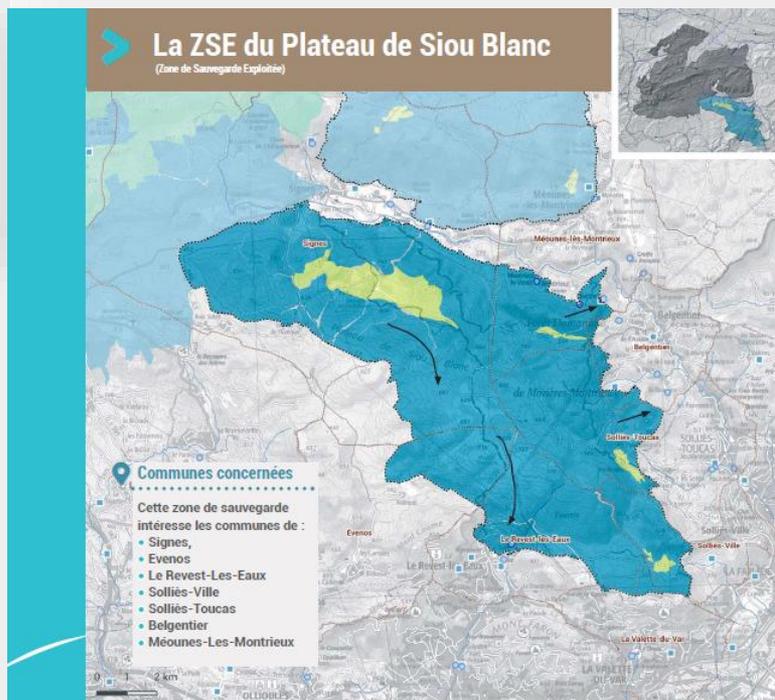


3)

OUTILS	DECLINAISONS	Pollutions				Attribus à la couverture naturelle du réservoir hydrogéologique ou au réservoir hydrogéologique lit-même	Prélèvements en eau	Imperméabilisation
		Pollutions azotées	Pollutions par les pesticides	Pollutions bactériologiques	Pollutions par les autres substances faisant l'objet de normes pour l'AEP			
APPB								●
Charte agricole		●	●				●	●
Charte de PNR		●	●			●	●	●
Classement en forêt de protection			●		●			●
Compensation écologique								●
Compensation économique		●	●				●	●
Contrat de ville					●		●	●
Contrat de milieu		●	●	●	●	●	●	●

# Quelles démarches dans le massif du Jura ?

- o Quel plan d'actions ?



### Contexte hydrogéologique

Ce réservoir est composé de deux séries aquifères karstifiées en connexion hydraulique : les calcaires jurassiens, localisés au toit des séries carbonatées du Jurassique supérieur.

Le projet KARSTEAU a permis de caractériser finement le comportement hydrogéologique de ce réservoir. Excepté la participation marginale à quelques sources de la vallée du Gapeau, les écoulements s'organisent et convergent vers un exutoire unique correspondant aux sources de Dardennes. Le système est très karstifié avec des écoulements rapides vers ces sources.



### Vulnérabilité et qualité des eaux souterraines

La recharge est assurée uniquement par infiltration des eaux de pluie.

L'impluvium est caractérisé par la présence de sols peu épais et une karstification avancée du massif qui induit des écoulements rapides depuis la surface vers la zone noyée. La ressource en eau souterraine peut être qualifiée de très vulnérable aux pollutions.

De par sa forte karstification, la majorité de la surface de la zone de sauvegarde est proposée en zone de priorité 1, c'est-à-dire avec un lien direct et rapide au principal exutoire.

Les travaux de recherche du Projet KARSTEAU ont permis de mettre en évidence un réseau karstique étendu, extrêmement réactif à l'infiltration des eaux de pluie sur tout l'impluvium.

Quelques lambeaux de territoire sont caractérisés par une prédominance du ruissellement sur l'infiltration et ont été classés en zone de priorité 3 (séries du Valanginien dans le secteur de la Li-matte, dépression de Valbelle, des Selves et des Ricardes). Le classement en P3, s'il indique une prédominance de phénomènes de ruissellement sur les phénomènes d'infiltration, réduit peu la vulnérabilité des eaux souterraines. En effet, les eaux ruisselées s'infiltrent en aval dans des zones de connexion préférentielle à la zone noyée du système karstiques (cas des ponors et des embus dans les poljés)

A ce jour, les eaux souterraines de cette unité aquifère présentent une bonne qualité, notamment au droit des sources de Dardennes. On y a néanmoins détecté de manière épisodique des substances indésirables, surtout sur la source de Gavaudan.



### Les prélèvements actuels et les besoins futurs en eau

La ressource en eau souterraine du plateau de Siou Blanc est sollicitée par deux captages AEP :

prise d'eau de la retenue de Dardennes (entre 4 et 6 Mm<sup>3</sup>/an)

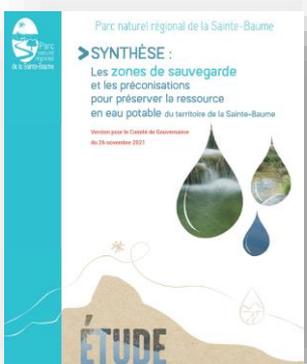
Source de Gavaudan captée sur la commune de Méounes-Les-Montrieux au bénéfice de la commune de Belgentier (~ 50 000 m<sup>3</sup>/an).

Cette unité hydrogéologique est donc d'ores et déjà exploitée pour l'alimentation en eau potable de l'agglomération toulonnaise avec des volumes conséquents. Ceci étant, le projet KARSTEAU a permis de montrer qu'une augmentation des prélèvements est envisageable par gestion active du réservoir avec une augmentation du débit d'exploitation à environ 300 l/s (environ 9 millions de m<sup>3</sup> par an). À noter que la "gestion active du réservoir" est nécessaire quand les prélèvements sont susceptibles de conduire à l'assèchement d'un cours d'eau. Dans ce cas, on peut compenser la perte de débit aux exutoires par un sur-prélèvement avec un rejet partiel des eaux pompées dans le cours d'eau.

À terme, il serait donc possible de soutenir partiellement l'augmentation attendue des besoins en eau potable sur le littoral varois, estimée à +7 Mm<sup>3</sup>/an à l'horizon 2030.

# Quelles démarches dans le massif du Jura ?

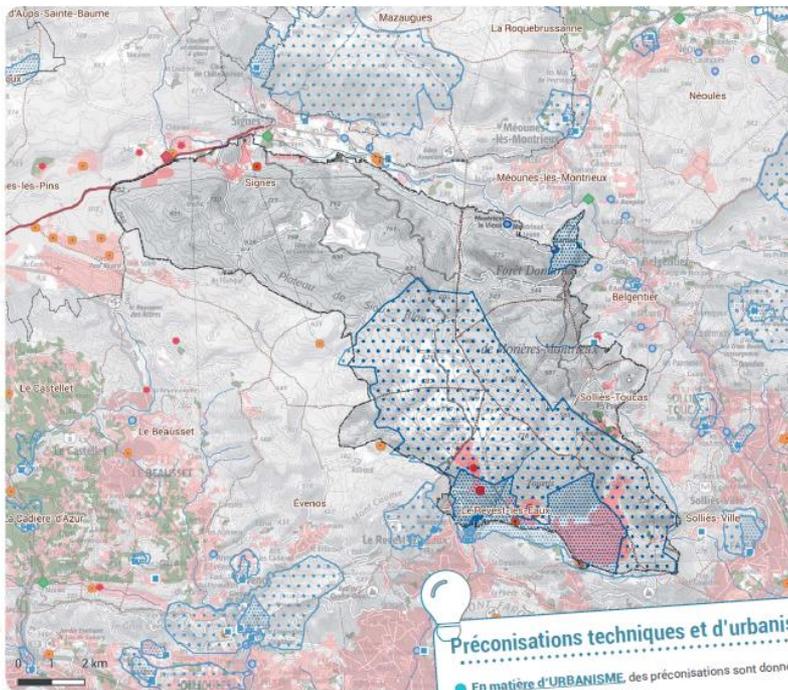
- o Quel plan d'actions ?



## ! Occupation des sol et menaces sur la qualité

Le plateau de Siou Blanc présente deux secteurs avec des sources de pollution potentielle :

- La bordure Nord avec l'urbanisation de Signes qui s'étend sur la bordure Nord du massif carbonaté (quartier des Plauques, Baume et Beaussières). Signalons que ces quartiers sont en assainissement autonome.
- La bordure Sud avec la présence de deux carrières, ainsi qu'une zone d'activités militaires sur le plateau de Touris. Ces aménagements sont très proches de l'exutoire principal de l'unité hydrogéologique (Ragas de Dardennes).
- A noter l'absence d'activités agricoles développées et de rejets de stations d'épuration dans le bassin d'alimentation de cette ressource en eau souterraine.



## La protection actuelle au regard de l'urbanisme

Les documents d'urbanisme en vigueur protègent globalement bien la zone de sauvegarde sur les communes de Signes, de Méounes-les-Montrieux et de Belgentier. En revanche, certaines règles du droit des sols sont de nature à menacer en partie cette zone de sauvegarde :

- sur la commune d'Évenos où la zone de sauvegarde du Plateau de Siou Blanc est située en dehors de tout contexte urbain, mais en bordure d'une carrière en exploitation sur la commune de Revest-les-Eaux. Un projet d'extension de cette carrière d'une surface de 122 hectares est prévu sur Evénos.
- sur la commune de Solliès-Toucas où même si la zone de sauvegarde est située en dehors de tout contexte urbain, elle est toutefois concernée au Sud-Est par des servitudes d'utilité publique qui peuvent la fragiliser (par exemple en partie Sud, une zone de risque technologique (explosion) en lien avec le site militaire de Touris).

## Préconisations techniques et d'urbanisme

- **En matière d'URBANISME**, des préconisations sont données sur l'évolution des éléments des PLU/PLUi sur le règlement écrit et ses éléments graphiques :
  - **Évenos** : Éviter toute extension de la carrière de Revest.
  - **Solliès-Toucas** : En zone de priorité 1, veiller à contenir les zones bâties aux enveloppes existantes. Viser la surveillance des zones couvertes par les SUP (Servitude d'Utilité Publique) liées au site militaire de Touris (manipulation et stockage de poudres et d'explosifs).
  - **Méounes-les-Montrieux** : En zone de priorité 1, veiller à contenir les zones bâties et les zones de loisirs aux enveloppes existantes.
  - **Belgentier** : Maintenir l'absence d'urbanisation.
- **D'un point de vue TECHNIQUE**, il est préconisé de **renforcer le suivi hydrologique et hydrogéologique** pour mieux quantifier les apports de cet aquifère au cours d'eau du Las (soutien d'étiage) : mise en place impérative d'un suivi piézométrique.