

## Comparaison de deux emplacements situés sur deux cours d'eau de taille similaire

Ce modèle de projet s'appuie sur le processus de recherche scientifique de GLOBE.

### Aborder un thème environnemental / observer la nature

Pour familiariser les élèves avec le thème, consulter les suggestions d'enseignement de GLOBE (voir sous-page "Pour l'enseignant-e").

### Poser des questions

Dans ce modèle de projet, deux sites de mesure sur deux cours d'eau de taille similaire sont comparés. Les questions possibles sont les suivantes : dans quelle mesure l'écologie du paysage diffère-t-elle entre les deux cours ? Lequel des deux a une qualité biologique supérieure et pourquoi ? Peut-on déceler et expliquer les différences de propriétés physico-chimiques entre les deux cours d'eau ?

Les deux sites comparés se situent le long de deux cours d'eau de taille comparable, le Rhin à Bâle et l'Aar à Berne. Leurs caractéristiques physico-chimiques sont confrontées et leur influence sur les macroinvertébrés vivant dans l'eau est analysée.

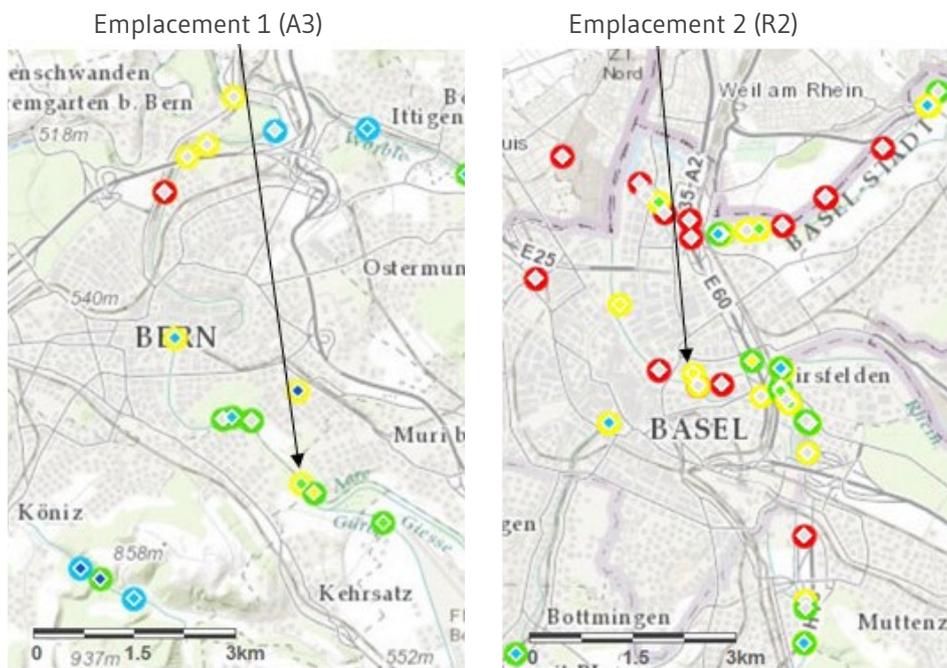


Figure 2 : emplacements étudiés sur l'Aar à Berne (à gauche) et le Rhin à Bâle (à droite).

### Développer des hypothèses

Les hypothèses sont à formuler sur la base des questions posées (la justification des hypothèses est indiquée en vert) :

- H1 : teneur en nitrates (TN) plus élevée dans le Rhin que dans l'Aar : plus de polluants dans le Rhin en raison des installations industrielles le long du Rhin et d'un plus grand bassin versant (→ plus grand risque de pollution)



Figure 1 : Mesure de la conductivité.  
© Daria Göllnitz / GLOBE Suisse

- H2 : conductivité électrique (CE) plus élevée dans l'Aar que dans le Rhin : **identique à H1**
- H3 : teneur en oxygène (TO) plus élevée dans l'Aar que dans le Rhin : **moins de canalisation dans l'Aar → terrain accidenté → débit irrégulier → plus d'oxygène pénètre dans l'eau**
- H4 : qualité biologique de l'eau (QBE) plus élevée dans l'Aar que dans le Rhin : **davantage de polluants dans le Rhin → conditions de vie moins favorables pour les macroinvertébrés**

Ces hypothèses sont ensuite confirmées ou infirmées, lors de l'analyse des données. Les hypothèses de travail comprennent également des hypothèses nulles. Ceci afin d'éviter une attitude d'attente à l'égard des résultats.

Exemple d'hypothèse nulle pour H2 : la CE des deux sites n'est pas différente.

## Planifier les recherches

Avant de commencer les mesures, se procurer le [matériel](#) de mesure nécessaire, sélectionner les emplacements et planifier une sortie pour la collecte des données. Idéalement, les méthodes devraient être testées au préalable avec les élèves.

## Recueillir des données

### Collecte des données

Il est important de suivre les instructions de GLOBE pour la collecte des données (voir "Mesures sur le terrain", sous-page "[Pour la classe](#)") afin d'obtenir des résultats significatifs et comparables. Les paramètres à mesurer sont définis à partir des questions posées.

Pour disposer de la plus grande masse de données possible nous allons collecter, pour ce modèle, tous les paramètres des offres GLOBE "[Hydrologie](#)" et "[Bioindication des cours d'eau](#)".

### Saisie des données

Les données obtenues lors des mesures peuvent être saisies depuis un mobile ou un PC via [l'application Cours d'eau](#) (enregistrement requis, voir "Saisie et comparaison des données", sous-page "[Pour la classe](#)").

Dans cet exemple, un emplacement sur l'Aar à Berne est comparé à un autre sur le Rhin à Bâle (voir figures 5 et 6). Les mesures ont été effectuées par GLOBE Suisse le 14 novembre 2017 (emplacement 1 (A3), Aar) et le 21 novembre 2017 (emplacement 2 (R2), Rhin). La figure 2 montre la localisation des emplacements. Les données recueillies à partir de nos mesures sont présentées dans les figures 3 et 4.



Figure 5 : emplacement 1 (A3) sur l'Aar à Berne.  
© Daria Göllnitz / GLOBE Suisse



Figure 6 : emplacement 2 (R2) sur le Rhin à Bâle.  
© Daria Göllnitz / GLOBE Suisse

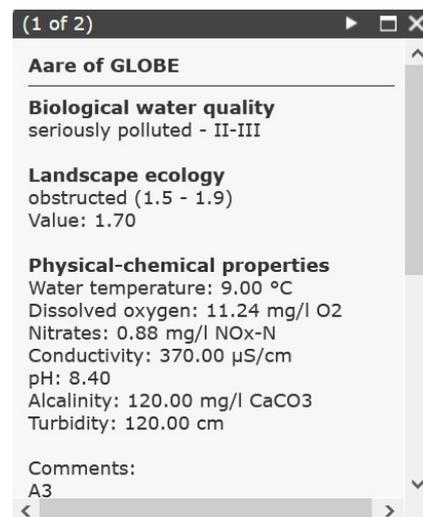


Figure 3 : capture d'écran des données saisies dans l'outil d'analyse sur l'emplacement 1 (A3) sur l'Aar à Berne.

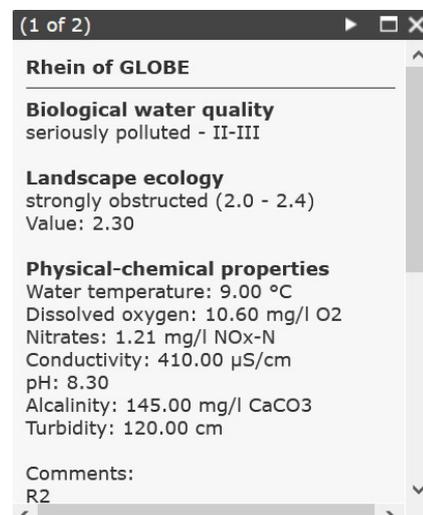


Figure 4 : capture d'écran des données saisies dans l'outil d'analyse sur l'emplacement 2 (R2) sur le Rhin à Bâle.

## Analyser les résultats

L'évaluation des données peut être réalisée à l'aide de [l'outil d'analyse eaux courantes](#).

### Vérifier les hypothèses

Les hypothèses sont à vérifier avec les valeurs mesurées : **H1** est vérifiée : la TN dans le Rhin est plus de deux fois plus élevée que dans l'Aar, avec 1.21 mg/l. **H2** peut également être vérifiée : la CE dans le Rhin est de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  plus élevée que dans l'Aar. **H3** est infirmée : la TO est légèrement plus élevée dans le Rhin que dans l'Aar. La QBE est la même sur les deux sites ("seriously polluted – II-III"). **H4** est donc infirmée.

### Interpréter les résultats

La TN (H1) et la CE (H2) indiquent une contamination plus élevée du Rhin. De plus, l'écomorphologie (EMO) est moins naturelle dans le Rhin que dans l'Aar.

Il est surprenant que la QBE soit identique aux deux emplacements (H4). Regardons de plus près et analysons les PDF de l'appli avec les macroinvertébrés découverts : en effet, leur diversité dans l'Aar est plus faible que dans le Rhin. Il se pourrait donc alors que la TN et la CE se situent dans des fourchettes non pertinentes pour la QBE.

La TO (H3) est un peu plus élevée dans le Rhin que dans l'Aar. Toutefois, comme la TO dépend directement de la température de l'eau (T), il faut aussi en tenir compte. En général, plus la T est basse, plus la TO est élevée. La T du Rhin est de 9 °C, donc légèrement inférieure à celle de l'Aar (10.5 °C), de sorte que la TO légèrement supérieure du Rhin devient semblable à celle de l'Aar si l'on retire l'effet de la T. La TO est donc très proche dans les deux cours d'eau. Cela pourrait aussi expliquer en partie la QBE identique puisque la TO est déterminante pour l'apparition de macroinvertébrés.

### Vérifier la vraisemblance

Les élèves doivent apprendre à lire leurs résultats et interprétations d'un œil critique :

- les résultats ont-ils un sens ? peuvent-ils être expliqués ?
- y a-t-il des erreurs de mesure ? comment se sont-elles produites ?
- qu'est-ce qui peut être - ou ne peut être - énoncé sur la base des mesures ?
- des données d'autres sources peuvent-elles valider ou invalider les interprétations ?
- quelles mesures faudrait-il effectuer pour répondre aux questions sans réponse ?

Pour permettre une comparaison facile avec les données cantonales, GLOBE Suisse a réalisé une fiche de liens cantonaux, sous-page "[Pour la classe](#)".

Jusqu'à présent, nous n'avons pris en compte dans nos analyses que deux sites isolés le long des deux cours d'eau. Cela réduit la significativité de nos résultats du fait que les deux mesures sont limitées dans le temps et l'espace. Nous décidons donc d'inclure d'autres prélèvements faits sur les mêmes cours d'eau afin de vérifier les hypothèses précédentes et renforcer la pertinence des analyses.

GLOBE Suisse a échantillonné deux emplacements supplémentaires le long de l'Aar et du Rhin, (Automne 2017, voir sur application). Une comparaison avec les sites déjà analysés révèle ce qui suit :

- TN moyenne du Rhin 1.43 mg/l (fourchette : 0.88-2.2 mg/l) ; celle de l'Aar : 0.66 mg/l (0.55-0.88 mg/l)
- CE Rhin 395-410  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ; Aar 310-342  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- TO des deux cours d'eau n'est jamais clairement inférieure ni supérieure à 10 mg/l (min.: 9.8 mg/l ; max.: 11.2 mg/l)
- QBE des trois endroits le long du Rhin "seriously polluted – II-III" ; dans l'Aar : 2x "slightly polluted – I-II" et 1x "seriously polluted – II-III"

Nos hypothèses se sont donc vérifiées, du moins en ce qui concerne la TN, la CE et la TO : la TN et la CE indiquent une pollution plus élevée dans le Rhin que dans l'Aar, la



Figure 7 : Mesure de la teneur en oxygène.  
© Daria Göllnitz / GLOBE Suisse

TO ne diffère que peu d'un cours d'eau à l'autre. Il est intéressant de noter que la QBE des deux autres emplacements le long de l'Aar a été décelée meilleure. Dans l'un des deux on a même trouvé des larves de perles (plécoptères, le groupe de formes indicatrices le plus exigeant, cf. figure 8) – mais dans le Rhin, la QBE n'est nulle part meilleure que celle de notre emplacement. On peut donc supposer que la pollution légèrement plus élevée du Rhin se reflète au final dans le QBE - mais cela dépend de l'endroit. Toutefois, analyser plus précisément cette corrélation à la localisation nécessiterait de procéder à d'autres mesures.



Figure 8 : larves de perles capturées sur l'emplacement A1 (autre site de mesure de GLOBE sur l'Aar près de Berne). © Daria Göllnitz / GLOBE Suisse

Au sujet de la QBE, en examinant de plus près les PDF des macroinvertébrés découverts dans les 6 emplacements (3 dans l'Aar, 3 dans le Rhin), on remarque que des tubifex ont été trouvés dans tous les sites du Rhin - alors que ces invertébrés sont introuvables dans l'Aar. Le tubifex se nourrit entre autres d'algues parfois présentes dans des cours d'eau légèrement eutrophes. Il peut survivre dans une eau parfaitement propre mais migre souvent vers des eaux plus polluées. On peut l'interpréter comme un indice de plus que le Rhin est globalement plus pollué que l'Aar.

Comparons à présent nos mesures avec des données cantonales et nationales, pour tester la vraisemblance de nos résultats : le point de mesure "Rhein Weil" du système de mesure NADUF et le point "Aare Bern, Dalmazbrücke" du Laboratoire de protection des eaux et des sols du canton de Berne nous fournissent les données les plus adaptées (cf. figures 9 et 10). Le CN, le CE et le CO peuvent être directement comparés et montrent que nos valeurs se situent dans une fourchette comparable. Ainsi, nos mesures sont dans l'ensemble très vraisemblables. Toutefois, la plausibilité de l'analyse quantitative ne peut être vérifiée davantage en raison du manque de données.

Chemisch bakteriologische Resultate Fließgewässer		Aar Berne, Dalmazbrücke											AB59 Stichprobe/Echantillonnage	
Résultats bactériochimiques cours d'eau		Coordonnées E = 2 600 562 N = 1 199 268 Altitude 505 m.												
2018	09.01.18	30.01.18	06.03.18	26.03.18	02.05.18	05.06.18	26.06.18	07.08.18	04.09.18	02.10.18	30.10.18	27.11.18		
Heure	09:45	09:40	13:55	13:55	09:00	09:15	14:05	13:30	09:20	09:35	13:30	13:20		
Température	6.2	6.1	6.2	7.2	9.8	14.7	18.2	22.6	16.7	14.9	10.8	9.5		
pH	8.20	8.18	8.39	8.47	8.31	8.30	8.40	8.40	8.23	8.23	8.34	8.32		
Conductivité µS/cm	298	324	333	332	302	279	261	231	237	238	291	288		
Teneur oxygène mg O2/l	10.4	10.6	11.5	13.3	10.7	10.0	9.7	8.8	9.1	9.5	10.4	11.1		
Saturation en oxygène %	89	90	100	117	100	105	109	106	99	99	101	103		
COD mg C/l	0.69	0.75	0.78	0.87	0.70	0.78	0.63	0.61	0.51	0.68	1.24	0.66		
Ammonium mg NH4-N/l	<0.010	0.024	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0.011	<0.010	<0.010	0.016	0.013		
Nitrite mg NO2-N/l	<0.005	0.005	0.008	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.006	<0.005		
Nitrate mg NO3-N/l	0.69	0.89	0.87	0.92	0.59	0.49	0.51	0.40	0.42	0.39	0.71	0.79		
Azote total mg N/l	0.7	0.9	1.0	1.0	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.9	0.8		

Figure 9 : mesures chimico-bactériologiques le long de l'Aar près de Berne. Source : Laboratoire de la protection des eaux et du sol du canton de Berne, disponible en ligne sur le [Géoportail du canton de Berne](#), point AB59 (État : 2018, Accès : 11.01.2018, trad. GLOBE)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Kürzel	Jahr	Datum	Uhrzeit	Dauer	Mittl. Abfluss	Ablfusssumme	Temp. (BAFU)	pH (BAFU)	Leitf. 25°C (BAFU)	Sauerstoff	Sauerstoffsätt. %	Gesamthärte	Alkalinität	Calcium	Magnesium	Nitrat	Gesamt-Stickstoff
2		Ende	Ende	h	m3/s	Mio-m3	°C		µmho/cm	mg/l		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg N/l	mg N/l
562	WJ	2016	13.06.2016	08:20	336	2107	2549	15.6	8.2	341	112	3.38	2.94	56.2	7.0	1.05	1.10
563	WJ	2016	27.06.2016	08:30	336	2531	3063	16.6	8.2	337	111	3.42	2.92	57.0	7.0	1.05	1.30
564	WJ	2016	11.07.2016	08:25	336	1835	2219	19.6	8.1	335	9.8	3.25	2.84	53.1	7.3	1.04	1.10
565	WJ	2016	25.07.2016	08:20	336	1719	2078	20.1	8.1	328	9.6	3.18	2.74	51.7	7.3	1.03	1.10
566	WJ	2016	08.08.2016	08:25	336	1403	1698	21.7	8.1	321	8.7	3.13	2.67	50.8	7.3	0.98	1.10
567	WJ	2016	22.08.2016	08:15	336	1231	1488	20.9	8.1	319	8.9	3.03	2.72	48.6	7.4	0.99	1.00
568	WJ	2016	05.09.2016	08:15	336	952	1152	22.1	8.1	322	8.5	2.98	2.55	47.5	7.4	1.12	1.12
569	WJ	2016	19.09.2016	08:20	336	938	1135	21.3	8.0	316	8.2	2.92	2.50	47.0	7.0	0.94	1.00
570	WJ	2016	03.10.2016	08:20	336	700	846	19.1	8.0	329	8.7	2.97	2.57	47.1	7.6	1.02	1.10
571	WJ	2016	17.10.2016	08:25	336	522	631	15.7	8.0	349	9.5	3.14	2.68	49.8	8.0	1.09	1.20
572	WJ	2016	31.10.2016	08:15	336	599	724	13.7	7.9	358	9.9	3.20	2.75	51.5	7.6	1.37	1.40
573	WJ	2016	14.11.2016	08:25	336	769	930	11.4	7.9	363	10.5	3.34	2.92	54.2	7.7	1.50	1.60
574	WJ	2016	28.11.2016	08:15	336	893	1080	9.8	7.9	370	11.0	3.42	2.98	55.8	7.7	1.45	1.60
575	WJ	2016	12.12.2016	08:25	336	602	728	7.6	8.0	379	11.6	3.45	2.97	55.6	8.2	1.49	1.49
576	WJ	2016	27.12.2016	08:20	360	486	629	6.7	8.0	388	12.2	3.46	2.91	55.6	8.3	1.47	1.60
577																	

Figure 10 : mesures chimiques sur le Rhin près de Weil am Rhein. Source : Groupe NADUF (OFEV EAWAG, WSL), disponible en ligne sous [eawag.ch](#), (État : 2018, Accès : 11.01.2018)

## Tirer des conclusions

Sur la base des paramètres "TN" et "CE", l'Aar semble donc être légèrement plus pollué que le Rhin. Selon le lieu, cela se traduit par un EQB plus élevé dans l'Aar (que

dans le Rhin). Cependant, les variations de QBE ne sont pas clairement décelables partout, ce qui pourrait être dû au fait que la TO est également élevée dans le Rhin. Toutefois, la relation entre la QBE et le lieu ne peut être déterminée avec plus de précision dans le cadre de cette étude.

## Présenter les résultats

*Les résultats de l'interprétation seront consignés par les élèves par écrit (sur un poster) ou oralement. Nous vous invitons à nous transmettre les documents ainsi élaborés via l'application (voir section "Saisie et comparaison des données" de la sous-page "[Pour la classe](#)") et à [GLOBE Suisse](#) pour publication sur notre site.*

*[GLOBE Suisse](#) vous aide volontiers dans la recherche d'un-e expert-e habilité-e à discuter des résultats avec les élèves !*

## Poser de nouvelles questions

*Les élèves peuvent réfléchir à d'autres questions sur la base des analyses présentées et songer aux méthodes à utiliser pour répondre à ces questions.*

GLOBE Suisse met à disposition de nombreux documents sur le thème des "Cours d'eau" qui peuvent servir d'aide à l'interprétation. Ils sont téléchargeables sur le site internet de GLOBE (sous-page "[Pour la classe](#)").

Si vous avez d'autres questions à poser, n'hésitez pas à contacter [GLOBE](#). Nous recommandons nos cours de formation réguliers dispensés par des experts et publiés sur le [site de GLOBE](#).