

Algues vertes en Bretagne : la crise au-delà des nitrates

Résumé — 3 pages — Version juin 2026

*Emmanuel Tanguy, consultant en traitement des eaux,
BreizhEauNet.fr*

Le carburant et les catalyseurs : une distinction fondamentale

La cause principale des marées vertes bretonnes est incontestable : les nitrates agricoles représentent 90 à 98 % des apports azotés dans les baies touchées. La Bretagne, avec 7 % de la surface agricole française, concentre 50 % des élevages porcins et avicoles du pays. Le taux de nitrate de ses eaux est passé de 5 à 40 mg/litre entre 1960 et 2000. Réduire ces apports reste impératif.

Mais vingt ans de plans de lutte (PLAV 1 et 2) et des milliards d'euros investis n'ont pas mis fin aux marées

vertes. La raison est structurelle : les plans ciblent le carburant de la prolifération, mais ignorent les **catalyseurs chimiques** qui détruisent les défenses naturelles de l'écosystème — les mécanismes qui, en temps normal, auraient dû limiter la prolifération algale même en présence de nutriments.

Ce que les stations d'épuration laissent passer

Les stations d'épuration ont été conçues pour traiter l'azote et la matière organique classique. Elles ne sont pas dimensionnées pour les micropolluants émergents. Une étude européenne a détecté 366 substances chimiques différentes dans les effluents de STEP, dont 107 dans plus de 90 % des échantillons (programme ARMISTIQ, INRAE 2010-2013).

La quantification nationale de cet impact a été réalisée pour la première fois par INRAE en collaboration avec le Synteau (*Water Research*, Patureau et al., 2020) : les micropolluants organiques des eaux usées traitées ont un impact sur les milieux aquatiques **comparable à celui du glyphosate en termes de santé humaine, et largement supérieur pour les écosystèmes aquatiques**. Seulement un tiers des substances identifiées ont pu être évaluées — l'impact réel est donc structurellement sous-estimé.

Une démonstration territoriale complémentaire (Gosset et al., *Science of the Total Environment*, 2021, Grand Lyon) confirme par le calcul ce que suggère l'inventaire : l'évaluation des risques mélange (RQmix) dépasse le seuil critique de 1 pour **9 STEP sur 10**, y compris pour des substances dont le risque individuel est négligeable. C'est la validation expérimentale, à l'échelle d'un territoire français, de l'effet cocktail.

La DCE surveille 45 substances dans les eaux de surface. Le CAS Registry en référence **plus de 290 millions** en 2026. L'écart entre ce que la réglementation surveille et ce que la chimie produit représente un facteur de plus de 6 millions.

Les cinq familles de catalyseurs identifiées

1. Les surfactants et leurs métabolites. Les nonylphénols éthoxylés (NPEOs), adjuvants de pesticides épandus directement sur les bassins versants bretons, se dégradent en 4-nonylphénol – perturbateur endocrinien, Substance Dangereuse Prioritaire DCE. Paradoxe documenté par Könniker et al. (*Science of the Total Environment*, 2018) : les carboxylates de NPEOs *augmentent* après traitement biologique en STEP, et les conditions anoxiques des sédiments côtiers favorisent la formation du

métabolite le plus toxique. Les LAS persistent spécifiquement dans ces mêmes conditions anaérobies.

2. Les HAPs de formulations pesticides. Séralini & Jungers (*Food and Chemical Toxicology*, 2020) ont détecté du fluoranthène, du pyrène et de l'anthracène comme impuretés non déclarées dans 12 herbicides sur 14 analysés. Seuils de toxicité UV pour les invertébrés marins : 0,1 µg/L pour le fluoranthène, 0,23 µg/L pour le pyrène. Bioaccumulation dans la moule (*Mytilus edulis*) : BCF jusqu'à 5 920. Le Programme National d'Écotoxicologie confirme que ces HAPs perturbent directement le compartiment bactérien sédimentaire régulateur des cycles de l'azote et du carbone.

3. Les esters organophosphorés (OPE/OPFR). Successeurs des retardateurs de flamme bromés (PBDE), leur production mondiale a décuplé en vingt ans. Leur toxicité est documentée : neurotoxicité (TCEP, TPhP), cancérogénicité (TCiPP, TDCiPP), perturbation endocrinienne. Donnée critique : les algues marines accumulent des OPFRs à des concentrations atteignant **10 301 ng/g de poids sec** (étude mer Noire, 2024) — les ulves bretonnes mortes deviennent ainsi une source de contamination sédimentaire supplémentaire lors de leur décomposition. Absents de la DCE actuelle et de la révision 2026.

4. Les PFAS. Présents dans les boues d'épuration épandues agricoles (révélation Disclose/France 3, février 2026 ; rapport CGAAER/IGEDD, avril 2026), demi-vie du PFOS ≥ 41 ans dans les sols. La revue de référence 2026 (Kannankeril & Sauvé, *npj Emerging Contaminants*, Nature, juin 2026) établit que les STEP peuvent produire activement du PFOS par biotransformation du précurseur N-EtFOSE dans les boues activées – un mécanisme absent des protocoles d'analyse imposés par l'arrêté du 3 septembre 2025. Les PFAS perturbent la biodiversité marine productrice de DMSP, court-circuitant la voie climatique du soufre.

5. Les protections solaires, les déchetteries, les hydrocarbures de ruissellement. L'oxybenzone est toxique pour le phytoplancton marin dès 13,87 $\mu\text{g/L}$ sous UV. Les déchetteries relâchent à chaque pluie métaux lourds, PBDE et lixiviats vers le réseau hydrographique – sans cartographie dans les plans algues vertes. Les routes bretonnes déchargent des HAPs à chaque premier flot d'orage, confirmés dans les coquillages par le réseau ROCCH/IFREMER depuis 45 ans.

Les mécanismes biogéochimiques cassés

Ces catalyseurs chimiques ne nourrissent pas les algues. Ils cassent les défenses de l'écosystème à trois niveaux simultanés.

La destruction du neuston. La microlèvre de surface — qui héberge le phytoplancton producteur de DMSP précurseur du DMS climatique (mécanisme CLAW) — est détruite sélectivement par les tensioactifs. Le soufre perd sa voie noble (DMS → nuages marins → albédo → refroidissement climatique) et bascule vers sa voie toxique (H_2S). L'azote, simultanément, perd sa voie de sortie inerte (dénitrification complète → N_2) et produit du protoxyde d'azote (N_2O , PRG × 300 par rapport au CO_2) par dénitrification incomplète catalysée par le cycle redox du fer. Ces deux dérégulations parallèles des cycles biogéochimiques — ignorées par tous les indicateurs actuels — constituent la signature d'un écosystème dont les voies de régulation sont cassées.

La destruction du tampon pH. La photosynthèse diurne des ulves fait grimper le pH au-delà de 9, transformant l'ammonium en ammoniac toxique pour la faune brouteuse. La respiration nocturne et l'oxydation du H_2S font chuter le pH sous 7. Cet effet tampon cassé empêche le re-piégeage du phosphore par le fer à toute phase du cycle — rendant le phosphore disponible en permanence pour les algues.

L'eutrophisation interne. En anoxie, les bactéries sulfato-réductrices produisent du H₂S dont l'affinité pour le fer est supérieure à celle du phosphore. Le soufre "vole" le fer pour former FeS (vase noire), libérant le phosphore accumulé depuis des décennies. Le sédiment devient une usine autonome à phosphore. L'accumulation de FeS bloque le potentiel redox à -100/-200 mV (cycle cryptique du soufre auto-entretenu) — et libère simultanément les métaux lourds portés par les mêmes oxyhydroxydes de fer, amplifiée à l'amont par la désorption saline dans les estuaires.

La génotoxicité : une dimension occultée

Une revue intégrative de 470 études réalisées entre 1982 et 2025 par Khatir & Leitão (LEMAR/IFREMER Plouzané, *IJMS*, juin 2025) établit que les génotoxines produisent des modifications du matériel génétique des bivalves à des concentrations **non létales et non cytotoxiques** — transmissibles verticalement entre générations. Les facteurs abiotiques perturbés dans les baies bretonnes (pH, salinité, température) amplifient structurellement cette génotoxicité. Les moules (*Mytilus* sp.), organismes sentinelles de

référence mondiale, sont précisément l'espèce dominante des baies bretonnes à algues vertes.

Huit raisons pour lesquelles les plans officiels échouent

1. La mémoire sédimentaire du phosphore – stock autonome indépendant des apports agricoles
 2. Le verrou redox du soufre – potentiel bloqué à -100/-200 mV par le cycle cryptique
 3. Le vide réglementaire sur les catalyseurs chimiques – NPEOs, HAPs, OPFRs, PFAS hors des plans
 4. L'absence d'évaluation des formulations pesticides complètes – impuretés non déclarées (Séralini 2020)
 5. Les dérives biogéochimiques non mesurées – N_2O et H_2S absents des indicateurs de suivi
 6. Le relargage de métaux lourds aux embouchures – désorption saline des estuaires ignorée
 7. La filière des matières fertilisantes – PFAS des boues d'épandage, demi-vie > 41 ans
 8. Les déchetteries dispersées – hors cartographie, hors plans, micro-points chauds à chaque pluie
-

Ce qu'il faut faire — et ce que ça coûte

La solution implique trois fronts simultanés. Réduire les nitrates agricoles (déjà en cours, insuffisant seul). Moderniser les STEP par traitements avancés (ozonation, charbon actif) : coût estimé **5 à 15 €/habitant/an** (INRAE/Synteau, 2020). Restaurer les sédiments des baies les plus confinées par réoxygénation ciblée pour briser le cycle cryptique du soufre.

La révision DCE publiée au JOUE le 20 avril 2026 reconnaît pour la première fois l'effet cocktail (norme de somme de pesticides à 0,2 µg/L). Mais le bon état chimique pour les nouvelles substances n'est fixé qu'au **22 décembre 2039** — treize ans pendant lesquels les catalyseurs continuent leur travail de sape dans les baies bretonnes.

Résumé d'un dossier de 19 600 mots. Sources principales : Séralini & Jungers (2020) ; Patureau et al./INRAE (2020) ; Gosset et al. (2021) ; Könniker et al. (2018) ; Khatir & Leitão/LEMAR-IFREMER (2025) ; Kannankeril & Sauvé/Nature (2026) ; INERIS ; IFREMER/ROCCH ; programme ARMISTIQ-

*AMPERES/INRAE ; DCE révisée JOUE 20 avril 2026 ;
arrêté PFAS-STEP 3 septembre 2025 ; BreizhEauNet.fr*