



MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION
NATIONALE
ET DE LA JEUNESSE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Juin

2023

DOSSIER ressource

Mettre en place une
séance de découverte
des **perturbateurs**
endocriniens en
collège ou en **lycée**

Sommaire

1 – Présentation et enjeux	3
2 – Connaissances et compétences en référence aux programmes scolaires	3
Parties du programme de SVT (Sciences de la Vie et de la Terre) en lien avec la notion de perturbateur endocrinien.....	4
Parties du programme de ST2S (sciences et techniques sanitaires et sociales) ou d’option santé-social en lien avec la notion de perturbateur endocrinien.....	5
3 – Propositions de séances et d’activités	7
Séance-type de découverte de la notion de perturbateur endocrinien (tous niveaux)	7
Activité sur la mise en évidence de la présence de perturbateurs endocriniens dans l’environnement avec l’exemple du bisphénol A/BPA (niveau conseillé : cycle 4 – 2 ^{de}).....	13
Activité sur l’origine des perturbateurs endocriniens dans l’environnement (niveau conseillé : cycle 3 – cycle 4).....	17
Activité sur la mise en évidence de l’effet d’un perturbateur endocrinien sur la santé humaine avec l’exemple du bisphénol A (niveau conseillé : 2 ^{de} ou 1 ^{re}).....	18
Activité sur la mise en évidence de l’effet d’un perturbateur endocrinien sur la santé animale avec l’exemple du bisphénol A (niveau conseillé : cycle 4, 2 ^{de} ou spécialité SVT de 1 ^{re}).....	20
Activité de démarche historique sur la mise en évidence de l’effet du bisphénol A sur la cancérisation (niveau conseillé : 1 ^{re} spécialité)	22
Activité sur les impacts des perturbateurs endocriniens sur la reproduction humaine (niveau conseillé : lycée).....	23
Activité sur les impacts des perturbateurs endocriniens sur la biodiversité (niveau conseillé : cycle 4).....	25
Activité « Impacts des perturbateurs endocriniens sur la biodiversité et la santé humaine » (niveau conseillé : lycée).....	27
4 – Quelques éléments scientifiques à destination des enseignants	31
Quelques éléments scientifiques sur les perturbateurs endocriniens	31
Des mesures de prévention.....	33
Lexique thématique.....	34
5 – Ressources complémentaires	34

1 – Présentation et enjeux

Cette fiche ressource vise à apporter aux enseignants des pistes pour travailler autour de la notion de perturbateur endocrinien avec les élèves. Compte-tenu des enjeux en santé publique associés, cette fiche ne traite pas du champ des médicaments dont certains peuvent présenter des actions endocriniennes qui sont maîtrisées selon une balance bénéfice risque validée (exemple de la pilule contraceptive ou encore des traitements hormonaux de la ménopause). L'objet est plutôt ici de sensibiliser les élèves aux risques liés aux perturbateurs endocriniens auxquels nous pouvons être exposés via des produits chimiques que nous pouvons éviter grâce à des gestes simples.

Les substances qualifiées de « perturbateurs endocriniens » sont des substances chimiques d'origine synthétique ou naturelle qui agissent, parfois à très faible dose, en mimant l'effet de certaines hormones ou encore en bloquant l'action des hormones ou leur production. Elles peuvent ainsi interférer avec les grandes fonctions des organismes vivants : croissance, reproduction, développement du fœtus, comportement, nutrition, métabolisme, système nerveux. Les perturbateurs endocriniens peuvent avoir des conséquences sur la santé humaine et/ou animale, mais aussi sur l'environnement et les écosystèmes.

Largement présentes dans l'environnement (eau, alimentation, air, vêtements...), ces perturbateurs endocriniens et leurs impacts potentiels sur les organismes vivants - notamment sur la reproduction - constituent un enjeu de santé publique.

Un travail en classe portant sur cette thématique peut donc contribuer à une éducation à la santé, en permettant le développement de comportements préventifs. Mais les perturbateurs endocriniens constituent également un objet d'étude très pertinent pour travailler la santé environnementale ou encore appliquer des connaissances acquises sur les hormones et leurs actions.

Les activités et séances proposées dans ce document permettent de découvrir la notion de perturbateur endocrinien ou de l'utiliser comme objet d'étude. Elles sont totalement modulables et modifiables par chaque enseignant selon les besoins identifiés et le temps disponible.

2 – Connaissances et compétences en référence aux programmes scolaires

La notion de perturbateur endocrinien peut être abordée, voire travaillée à plusieurs titres :

- Dans le cadre de travaux portant sur les notions de xénobiotique ou d'exposome qui sont au programme de certaines matières.
- En tant qu'exemple ou thème d'étude, dans le cadre de travaux sur le système endocrinien, les impacts anthropiques sur la biodiversité ou encore les facteurs de risques en santé humaine.

En raison de sa nature médicale, cette thématique se retrouve naturellement dans les programmes de sciences de la vie et de la terre (SVT) et de chimie, biologie et physiopathologie humaine (CBPH).

Parties du programme de SVT (Sciences de la Vie et de la Terre) en lien avec la notion de perturbateur endocrinien

Cycle 4

Adopter un comportement éthique et responsable

- Identifier les impacts (bénéfices et nuisances) des activités humaines sur l'environnement à différentes échelles.
- Fonder ses choix de comportement responsable vis-à-vis de sa santé ou de l'environnement sur des arguments scientifiques.
- Comprendre les responsabilités individuelle et collective en matière de préservation des ressources de la planète (biodiversité, ressources minérales et ressources énergétiques) et de santé.

La planète Terre, l'environnement et l'action humaine

Expliquer comment une activité humaine peut modifier l'organisation et le fonctionnement des écosystèmes en lien avec quelques questions environnementales globales.

Le vivant et son évolution

Relier des éléments de biologie de la reproduction sexuée et asexuée des êtres vivants et l'influence du milieu sur la survie des individus, à la dynamique des populations.

Le corps humain et la santé

Relier le fonctionnement des appareils reproducteurs à partir de la puberté aux principes de la maîtrise de la reproduction.

- Puberté, organes reproducteurs, production de cellules reproductrices, contrôles hormonaux.

2^{de} générale et technologique

Hormones et procréation humaine

Le fonctionnement de l'appareil reproducteur repose sur un dispositif neuroendocrinien faisant intervenir l'hypothalamus, l'hypophyse et les organes sexuels. La connaissance de plus en plus précise des hormones naturelles endogènes contrôlant les fonctions de reproduction humaine a permis progressivement la mise au point de molécules de synthèse exogènes qui leurrent ce système et permettent une maîtrise de la procréation, [...].

Spécialité SVT en 1^{re} générale

L'humanité et les écosystèmes : les services écosystémiques et leur gestion

L'espèce humaine affecte le fonctionnement de la plupart des écosystèmes en exploitant des ressources.

Patrimoine génétique et santé

Recenser, extraire et organiser des informations pour identifier :

- l'origine multigénique de certaines pathologies ;
- l'influence de facteurs environnementaux.

Appréhender de manière critique les conditions de validité d'affirmations lues ou entendues concernant la responsabilité d'un gène ou d'un facteur de l'environnement dans le développement d'une maladie

Enseignement scientifique de terminale générale

La biodiversité et son évolution

Les activités humaines (pollution, destruction des écosystèmes, combustions et leurs impacts climatiques, surexploitation d'espèces...) ont des conséquences sur la biodiversité et ses composantes (dont la variation d'abondance) et conduisent à l'extinction d'espèces

L'évolution comme grille de lecture du monde

Depuis la révolution agricole, la pratique intensive de la monoculture, la domestication et l'utilisation de produits phytosanitaires ont un impact sur la biodiversité et son évolution

Spécialité SVT de terminale générale

L'adaptabilité de l'organisme

Extraire et organiser des informations pour schématiser la boucle de régulation neuro-hormonale. Positionner sur un schéma bilan les interactions entre les trois systèmes nerveux, endocrinien, immunitaire.

Utiliser un modèle pour expliquer la notion de boucle de régulation neurohormonale et la notion de résilience.

Parties du programme de ST2S (sciences et techniques sanitaires et sociales) ou d'option santé-social en lien avec la notion de perturbateur endocrinien

Option santé social de 2^{de} générale et technologique

Action humanitaire

Quelles données disponibles sur la santé de la population ?

Facteurs de risque

Santé et innovations

Quelle prise en charge de la santé en 2050 ?

Quelles innovations pour quelles améliorations de la santé ?

Données génétiques, physiologiques, biométriques

Vivre ensemble sur un territoire

Comment la qualité environnementale d'un territoire influence-t-elle la santé humaine ?

Risque, danger

Environnement

Exposome (exposition aux facteurs environnants)

Organes, tissus, cellules

Pathologies imputables à un risqué environnemental

Spécialité CBPH de terminale ST2S

Comment la qualité de l'eau est-elle contrôlée ?

Composition d'une eau.

Extraire et exploiter des informations relatives aux effets des activités humaines sur la qualité chimique de l'eau dans les milieux aquatiques et marins, en s'appuyant sur quelques paramètres (salinité, pH, température, gaz dissous, hydrocarbures, matières plastiques, etc.).

Comment les polluants de l'air et de l'eau sont-ils gérés ?

Déterminer, à partir d'une analyse documentaire, les origines domestique, industrielle, agricole ou médicale de quelques polluants parmi les solvants, pesticides, phytosanitaires et cosmétiques, nano-objets dont métaux lourds, microplastiques, déjections animales, composés gazeux dont gaz à effet de serre (GES), fumées, hormones, médicaments, etc.

Milieu intérieur et homéostasie

Présenter les notions d'hormone et d'homéostasie.

Exemple de perturbations du milieu intérieur par des xénobiotiques.

Citer des exemples de xénobiotiques.

Repérer les conséquences de l'action d'un xénobiotique dans l'organisme.

Décrire le devenir d'un xénobiotique (absorption, distribution, métabolisme, stockage, élimination).

Appareil reproducteur et transmission de la vie

Contrôle hormonal.

Justifier les mesures de prévention pour la femme enceinte.

3 – Propositions de séances et d'activités

Dans cette partie sont proposées deux séances permettant la découverte de la notion de perturbateur endocrinien, l'une au niveau collège et l'autre au niveau lycée. Elles sont prévues pour une durée d'une heure environ.

Les séances proposées ne constituent en aucun cas un cadre figé et sont tout à fait modifiables et adaptables par les enseignants, notamment en fonction du niveau des élèves, du contexte, des acquis antérieurs et du temps disponible.

Les deux activités proposées utilisent les perturbateurs endocriniens comme objet d'étude pour traiter de la santé environnementale et de la reproduction humaine.

Séance-type de découverte de la notion de perturbateur endocrinien (tous niveaux)

Cette séance se propose d'aborder progressivement les notions d'hormone, de perturbateur endocrinien, ainsi que la mise en évidence des perturbateurs endocriniens (PE) dans l'environnement et leur origine.

Elle s'appuie notamment sur l'exemple du bisphénol A, une substance chimique.

Elle constitue un modèle qui peut, par le choix des supports et des activités proposées, être adapté :

- D'une part au niveau des élèves : collège ou lycée
- D'autre part au temps disponible : d'une heure à plusieurs séances

Objectifs de la séance

L'idée générale de cette séance est de faire découvrir aux élèves la notion de perturbateur endocrinien. Elle vise à apporter quelques prérequis, notamment sur les hormones, avant de traiter la thématique.

Les enjeux en termes de santé humaine et environnementale sont ensuite brièvement évoqués.

Proposition de déroulé

Cette activité reprend un schéma possible d'enseignement de la physiologie : Il s'agit d'envisager dans l'ordre :

- l'anatomie d'un système, c'est-à-dire l'organisation des différents organes et tissus qui le constituent (par exemple, l'organisation du système respiratoire avec les poumons, les bronches, la trachée, ou encore le pancréas pour la régulation de la glycémie...);

- la physiologie de ce système, soit le fonctionnement normal de ces organes, tissus, cellules (mécanisme de la ventilation, passage des gaz respiratoires dans le sang...);
- la physiopathologie dudit système, dont les différents dysfonctionnements envisageables (pneumonie, pneumothorax, grippe, cancer du poumon...)

Dans le cas présent, la complexité du sujet tient notamment au fait que le système endocrinien est diffus dans le corps, car constitué de très nombreux organes différents (thyroïde, cerveau, gonades, pancréas...). Ce système est par ailleurs en interaction avec toutes les autres fonctions du corps, puisque l'un de ses principaux rôles est précisément de les réguler.

Il s'agira donc ici de proposer une introduction au rôle des hormones et à l'impact des perturbateurs endocriniens, sans pour autant chercher l'exhaustivité sur le sujet.

La stratégie pédagogique proposée est donc la suivante :

1. La notion d'hormone (rappel ou découverte)
2. La notion de perturbateur endocrinien
3. Activités complémentaires
4. Mise en commun et conclusion

1^{re} partie – la notion d'hormone

Cette partie peut constituer une découverte (si les élèves n'ont jamais traité de la notion d'hormone auparavant) ou bien un rappel.

L'idée est de familiariser les élèves avec cette notion et d'aboutir à une définition comprise de tous.

La définition proposée est la suivante : **Hormone** : messenger chimique produit par une glande, transporté par le sang, et qui agit à distance pour provoquer un effet.

Il est possible de commencer la séance par un recueil de représentations premières, en demandant aux élèves s'ils savent ce qu'est une hormone, et s'ils connaissent des exemples d'hormones.

Il est également envisageable de commencer avec une situation déclenchante :



Photographie d'une cuillère de sucre et d'une seringue à insuline

Source : Pixabay

L'insuline étant l'un des exemples d'hormone les plus connus des élèves, il est possible de problématiser aisément à partir des injections d'insuline exogène nécessaire aux personnes atteintes de diabète de type 1. Cela amènera les questions suivantes : pourquoi ces injections ? Quel est le rôle de l'insuline ? Quel est, plus largement, le rôle des hormones ?

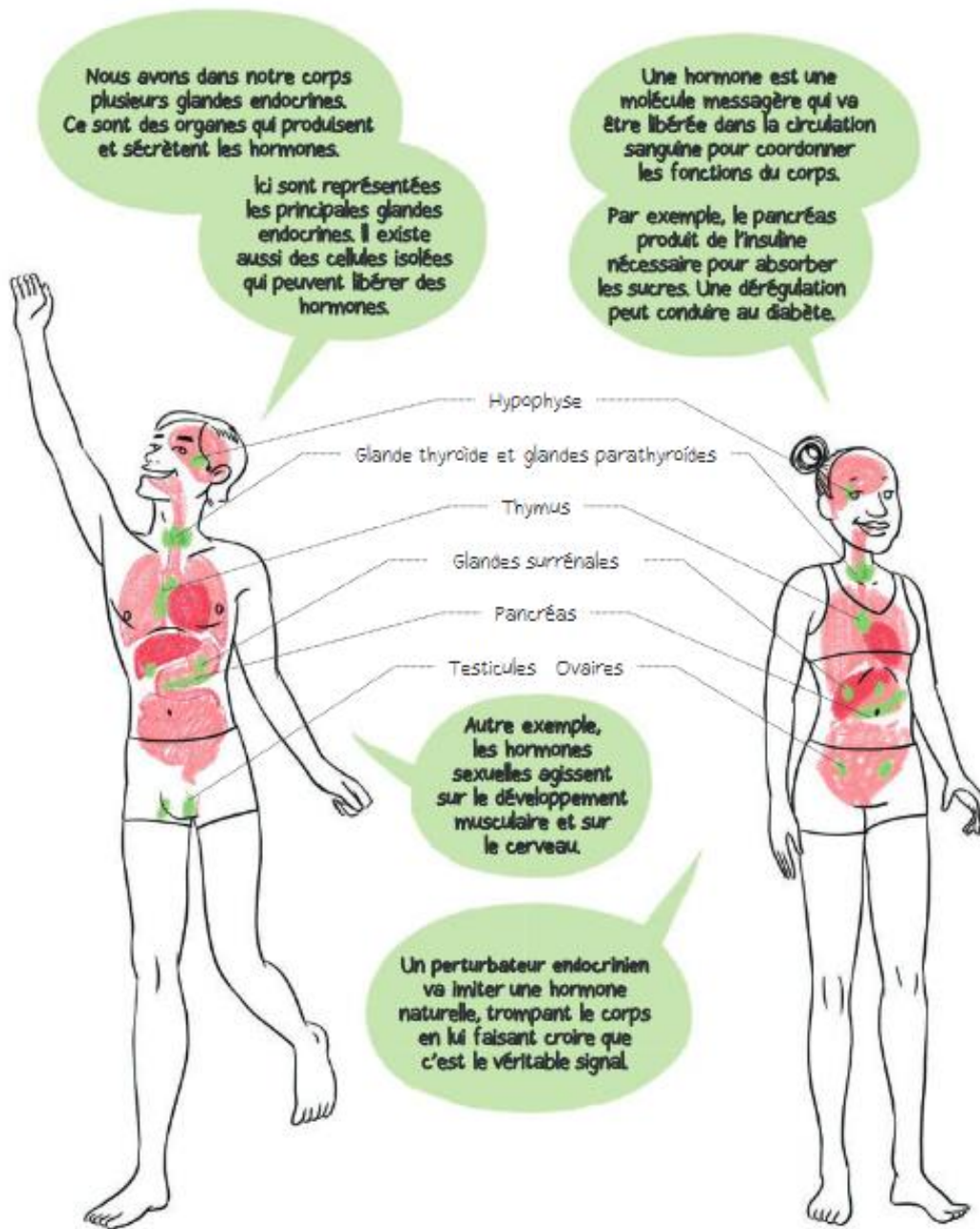
Les hormones impliquées dans la régulation des cycles sexuels – hormones hypophysaires (LH, FSH), hormones ovariennes (œstrogènes et progestérone) – qui peuvent également être évoquées dans le cadre d'une séquence sur le cycle ovarien, la reproduction et la grossesse constituent aussi une situation déclenchante intéressante.

La notion d'hormone pourra ensuite être amenée de différentes manières :

- Avec une vidéo :
 - Avec l'exemple de la régulation de la glycémie « [La glycémie](#) »:
 - Avec l'exemple de « [la régulation du cycle ovarien](#) » ou plus largement des hormones féminines « [Les hormones féminines comme vous ne les avez jamais vues](#) »
- Avec un document unique ci-après:

C'est quoi, les hormones ?

Le système endocrinien humain est composé de glandes : elles produisent des hormones qui vont transférer une information sur des cellules cibles.



13

Planche de bande dessinée sur la notion d'hormone

Source : BD « [Les Oufs de Sciences enquêtent sur les perturbateurs endocriniens](#) », Aurélie Bordenave, INRAE

La consigne proposée aux élèves peut être d'aboutir à une définition générale de ce qu'est une hormone. Cette définition est discutée, modifiée puis validée et inscrite, avant d'appréhender le système endocrinien.

Proposition de définition : Le système endocrinien est composé de plusieurs organes appelées glandes qui produisent des hormones et les libèrent ensuite dans le sang. Il contribue ainsi à des fonctions essentielles et variées : stimuler la croissance et le développement, réguler les émotions, contrôler les grandes constantes physiologiques (ex. température corporelle, glycémie, pression artérielle). Cela signifie que la moindre altération du système endocrinien peut perturber notre équilibre, à l'image du diabète par exemple.

Enfin, afin de gagner du temps, cette première partie de l'activité peut être traitée à la maison, en amont de la séance. Cela constituerait alors une forme de pédagogie inversée.

2^e partie – la notion de perturbateur endocrinien

La seconde partie de l'activité vise à traiter des perturbateurs endocriniens en tant que tels.

Cette phase peut commencer par une analyse du terme, parfaitement à la portée des élèves : « perturbateur », qui perturbe, interfère, dérange le fonctionnement normal de quelque chose ; « endocrinien » renvoie au système endocrinien, défini juste avant.

Un document unique est confié aux élèves. À nouveau, il peut s'agir d'une vidéo :

- Vidéo de Eset Bourgogne Franche-Comté « [2 minutes tout compris - Les perturbateurs endocriniens](#) »
- Vidéo du journal Le Monde « [Comment fonctionnent les perturbateurs endocriniens ?](#) »(plus riche scientifiquement)
- Vidéo de 1000 premiers jours « [Comment éviter les perturbateurs endocriniens ?](#) »(plus facile d'accès)

Le document suivant peut aussi servir d'appui, en substitution de la vidéo :

Comment agit un PE?

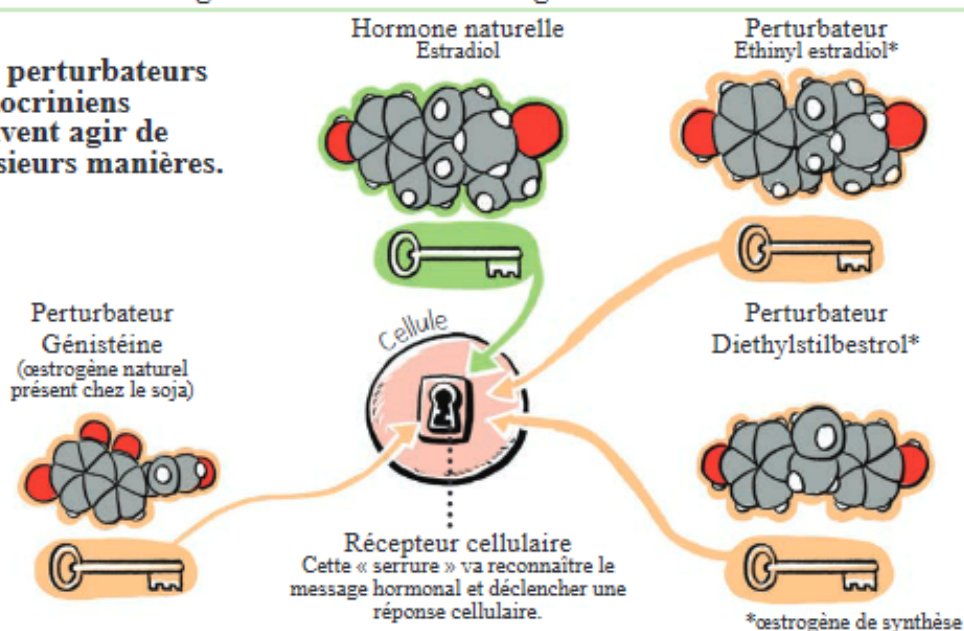
En faisant croire à la cellule cible qu'il est la véritable « clé » de la serrure, le perturbateur endocrinien va créer des réactions indésirables dans l'organisme, pouvant entraîner des maladies.

Certains perturbateurs endocriniens sont impliqués dans des dysfonctionnements comme l'obésité, le diabète, les troubles du comportement, les malformations génitales, une puberté précoce, le cancer testiculaire... La perturbation endocrinienne n'est pas seulement un problème de santé humaine. Elle peut être une cause de la chute de la biodiversité à cause d'une baisse de fertilité de la faune sauvage.

Certains perturbateurs endocriniens peuvent bloquer le récepteur cellulaire. C'est le cas des molécules serrures « anti-androgéniques » qui vont bloquer la clé « hormone mâle », ce qui conduit à favoriser la clé « hormone femelle ».

D'autres vont simplement imiter l'action d'une hormone et provoquer des réactions inappropriées : gêner la synthèse, le transport ou la dégradation d'une hormone et

Les perturbateurs endocriniens peuvent agir de plusieurs manières.



Plusieurs exemples ont été trouvés menant à des extinctions d'espèces. C'est le cas des alligators du lac Apoka en Floride qui présentent des concentrations de pesticides élevées, des mollusques marins proches des ports où est utilisée une peinture au tributylétain, ou de la fragilisation de la coquille des oiseaux suite à une exposition au DDT (insecticide).

modifier sa concentration dans l'organisme. La troisième catégorie de perturbateurs endocriniens va permettre d'ouvrir la serrure plus rapidement et fournir un message sur-puissant. C'est l'exemple des œstrogènes de synthèse qui vont avoir une action plus forte que l'hormone naturelle estradiol.

14

Planche de bande dessinée sur la notion de perturbateur endocrinien

Source : BD « [Les Oufs de Sciences enquêtent sur les perturbateurs endocriniens](#) », Aurélie Bordenave, INRAE

La consigne donnée aux élèves sur cette partie pourrait être : Expliquer comment un perturbateur endocrinien interfère avec le fonctionnement normal du corps humain. Les

éléments de réponse attendus sont qu'il mime/reproduit/simule l'action d'une hormone qui devrait être peu ou pas présente, produisant un effet non désiré.

3^e partie – Activités complémentaires

Une fois la notion de base comprise, différentes activités peuvent être menées. Elles sont présentées dans les parties suivantes.

L'enseignant pourra, selon ses objectifs pédagogiques, selon le temps disponible et le profil des élèves, traiter une, plusieurs ou toutes les activités proposées.

4^e partie – Mise en commun et conclusion

Afin de conclure la séance ou la séquence, un temps est pris pour revenir sur les définitions d'hormone, de perturbateur endocrinien, et reprendre les principales conclusions des activités menées. Une trace écrite peut alors être, au choix, donnée ou co-construite avec les élèves.

Points de vigilance

Une attention particulière sera accordée à la construction des notions d'hormone et de système endocrinien, prérequis nécessaires pour comprendre les perturbateurs endocriniens.

L'objectif est de sensibiliser les élèves en vue d'identifier des moyens efficaces de réduire l'exposome chimique, c'est-à-dire les expositions aux substances chimiques présentes dans notre environnement.

Activité sur la mise en évidence de la présence de perturbateurs endocriniens dans l'environnement avec l'exemple du bisphénol A/BPA (niveau conseillé : cycle 4 – 2^{de})

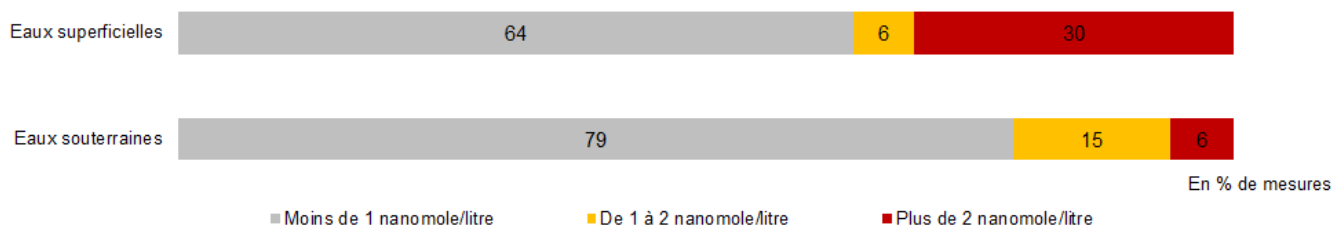
Dans cette activité, les élèves découvrent les origines multiples des perturbateurs endocriniens, à travers l'exemple du Bisphénol A.

Trois documents (A1, A2 et A3) sont ici proposés et permettent d'aborder ces origines multiples.

Les documents peuvent être vulgarisés pour rendre leur analyse plus facile. Des pistes d'exploitation selon différentes modalités pédagogiques sont proposées plus loin.

Préalablement à l'activité, on précise aux élèves que le Bisphénol A (BPA) est une molécule de synthèse présente notamment dans certains plastiques, qu'il s'agit d'un perturbateur endocrinien reconnu, et qu'il est depuis 2015 interdit (en France) dans la composition des contenants alimentaires (exemple les boîtes de conserves, canettes...) et matériel en contact avec les aliments comme les ustensiles.

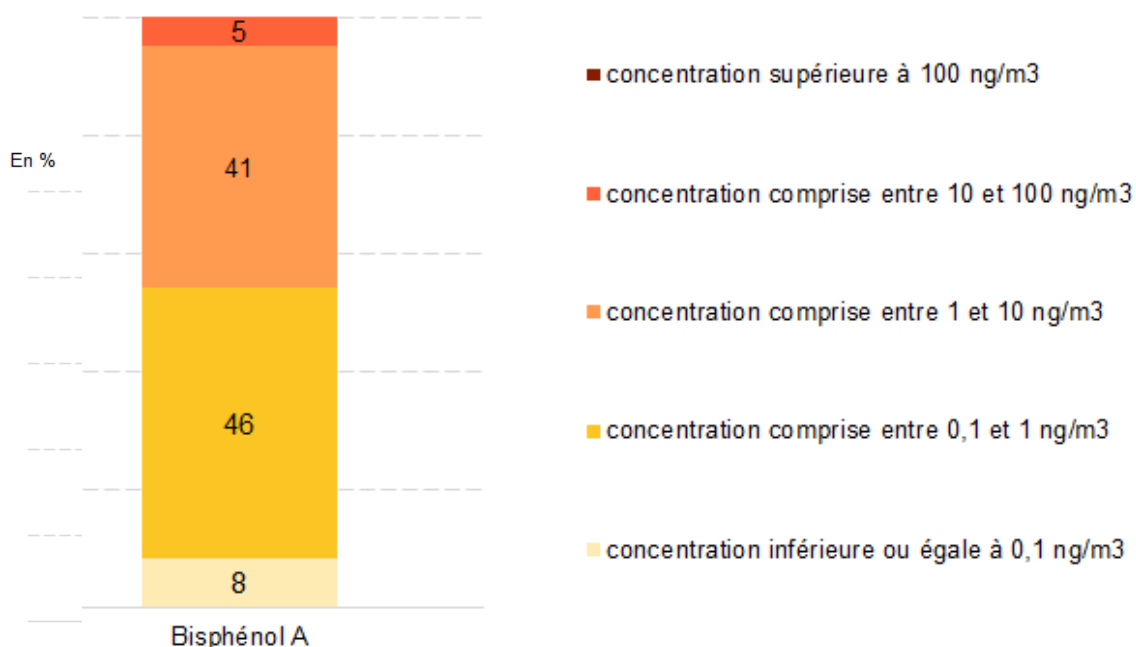
Pour ces trois documents, il est important de préciser aux élèves que l'on cherche à prélever une information qualitative uniquement : y a-t-il du BPA ou non? Cela permet de simplifier l'analyse pour ne pas manipuler trop d'unités.



Document A1 - Présence de BPA dans l'eau douce en France

Source : [SISE](#), agences de l'eau, Banque Ades, 2019

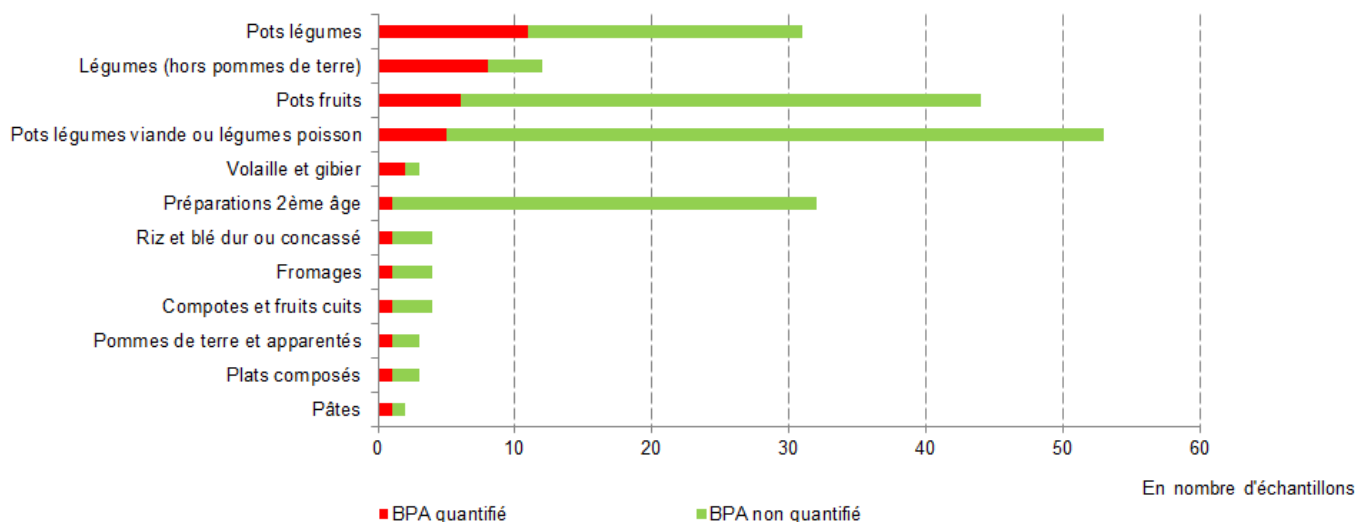
Remarques : BPA = Bisphenol A. Il n'existe pas encore de réglementation relative à la concentration en BPA des eaux, mais un seuil maximal de 2,5 µg/L (soit 10,95 nmol/L en concentration molaire) a été fixé par l'Union européenne pour 2026 (source : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020L2184>)



Document A2 - Concentration de BPA dans l'air intérieur des logements

Source : Modifié d'après [OQAI](#) (Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, 2015)

Remarque : ng/m3 = nanogramme par mètre cube.



Document A3 - Résidus de BPA dans l'alimentation humaine

Source : [Anses](#), EATi (Étude Alimentation Totale infantile) 2016

Remarques : BPA quantifié signifie que la quantité a été mesurée. Non quantifié signifie que la présence de BPA a été mise en évidence, sans qu'il soit pour autant mesuré précisément.

Les échantillons de l'EATi ont été prélevés en 2011-2012, avant l'interdiction du BPA dans les contenants alimentaires à partir du 1er janvier 2015. Des mesures réglementaires ont depuis ces résultats été prises sur le BPA : voir notamment le rapport de l'Anses en page 2281 (Avis et rapport de l'Anses relatif l'exposition alimentaire des enfants de moins 3 ans à certaines substances - EAT infantile Tome 2 - Partie 3 - Composés organiques)

Pistes d'exploitation des documents A1, A2 et A3

Modalité de travail	Description
1 ^{re} modalité : suite de questions	<p>Les trois documents sont donnés aux élèves, qui ont pour consigne de répondre à une série de questions.</p> <p>Propositions de questions modifiables/adaptables :</p> <ol style="list-style-type: none"> Déterminer, à l'aide d'une analyse du document A1, quel type d'eau est le plus pollué. Proposer une hypothèse explicative. Justifier, à l'aide d'une analyse du document A2, l'affirmation suivante : « Il est important d'aérer régulièrement les logements ». Montrer, à l'aide d'une analyse du document A3, que l'alimentation peut être une source de Bisphénol A. Proposer une solution possible pour remédier à ce problème. Conclure : De quelles sources peut provenir le Bisphénol A ? Est-il possible d'y échapper totalement ?

¹ <https://www.anses.fr/fr/system/files/ERCA2010SA0317Ra-Tome2-Part3.pdf>

Modalité de travail	Description
2 ^e modalité : travail en groupe et différenciation	<p>Les élèves sont séparés en différents groupes (3 ou 6) et chaque groupe travaille sur un seul document, à analyser de façon approfondie.</p> <p>Une question générique peut leur être fournie (par exemple « Montrer que l'air/l'eau/l'alimentation constitue une source de contamination au bisphénol A »). Les questions de la 1^{re} modalité peuvent aussi être utilisées.</p> <p>Il est possible de différencier le document proposé à un groupe donné.</p>
3 ^e modalité : travail en tâche complexe	<p>Les trois documents sont fournis aux élèves, qui doivent, par le cheminement qu'ils souhaitent, répondre à la problématique générale « De quelles sources peut provenir le Bisphénol A ? Est-il possible d'y échapper totalement ? ».</p> <p>Remarques : les sous-questions de la 1^{re} modalité peuvent servir d'aide pour des élèves en difficulté.</p> <p>Ici, il n'est pas nécessaire de réaliser une mise en relation des documents.</p>
4 ^e modalité : évaluation	<p>Cette activité peut consister en une évaluation portant sur la compétence « analyse de graphique », en trois temps :</p> <p>1 – Un premier document est projeté et analysé ensemble et sert de support pour présenter une méthode d'analyse.</p> <p>2 – Un second document sert d'entraînement aux élèves pour appliquer la méthode. La correction de l'analyse de ce document est réalisée.</p> <p>3 – Un troisième document est donné aux élèves qui doivent en réaliser une analyse écrite, qui pourra être ramassée et notée en vue de l'évaluation de la compétence.</p> <p>Remarque : les questions proposées en 1^{re} ou 2^e modalité peuvent servir pour orienter l'analyse des élèves.</p>

Activité sur l'origine des perturbateurs endocriniens dans l'environnement (niveau conseillé : cycle 3 – cycle 4)

Cette activité peut être donnée avant, pendant, après ou à la place de l'activité précédente. Plus courte, elle permet d'identifier l'origine de certains perturbateurs endocriniens et d'envisager des pistes de limitation de l'exposition.



Infographie présentant quelques exemples possibles de sources de perturbateurs endocriniens

Source : Modifié d'après Institut national du cancer ([lien vers la version originale](#))

La consigne donnée aux élèves peut être la suivante : « **Proposer** des pistes permettant de limiter l'exposition aux perturbateurs endocriniens ».

Cette consigne peut éventuellement être précédée de la question « D'où viennent les perturbateurs endocriniens ? » pour introduire une étape de raisonnement intermédiaire.

Dans une perspective de prévention, il est possible de faire réfléchir les élèves sur des alternatives possibles aux objets présentés, afin de limiter l'exposome.

Voici à ce titre quelques exemples :

Objet pouvant contenir des PE	Alternative possible
Film alimentaire	Bee Wrap : emballage réutilisable en tissus et cire d'abeille
Bouteille en plastique	Gourde en verre ou aluminium
Insecticides	Moustiquaires, moyens de lutte biologique
Peinture	Peintures spéciales non polluantes
Ustensiles de cuisine, jouets	Objets en bois

Activité sur la mise en évidence de l'effet d'un perturbateur endocrinien sur la santé humaine avec l'exemple du bisphénol A (niveau conseillé : 2^{de} ou 1^{re})

Cette activité propose d'aborder les effets du bisphénol A à partir des résultats d'une étude conduite en 2012. Trois documents sont proposés ainsi que différentes modalités d'exploitation.

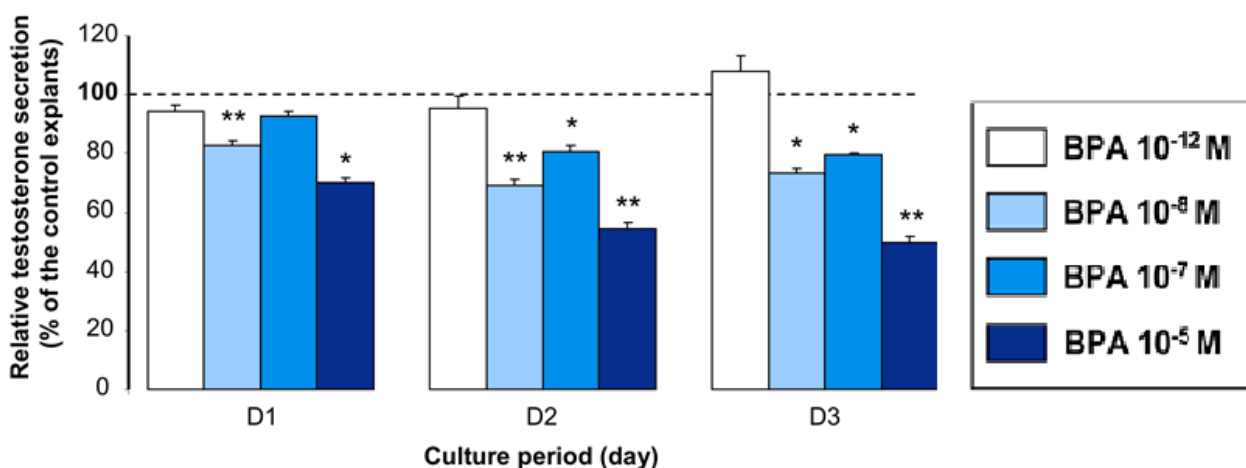
Ces documents peuvent par ailleurs constituer un support d'évaluation ou encore des ressources pour des élèves qui souhaiteraient travailler sur la thématique des perturbateurs endocriniens pour leur grand oral.

Le document B3 est optionnel pour le raisonnement mené.

On sait que la testostérone produite par le testicule pendant la vie fœtale impose la masculinisation des organes génitaux internes et externes, qui, en l'absence de testostérone, évolueraient spontanément dans le sens femelle. De plus, il est probable que la testostérone joue également un rôle dans le développement du testicule lui-même. Ainsi, l'exposition actuelle au bisphénol A des femmes enceintes pourrait être une des causes des défauts congénitaux de masculinisation (type hypospadias et cryptorchidisme) dont la fréquence a globalement doublé depuis 40 ans. Selon René Habert, « il se peut également que le bisphénol A participe à la chute de la production spermatique et à l'augmentation de l'incidence du cancer testiculaire chez l'adulte observées au cours des dernières décennies. »

Document B1 – Extrait d'un communiqué de l'INSERM portant sur les perturbateurs endocriniens et la fertilité masculine.

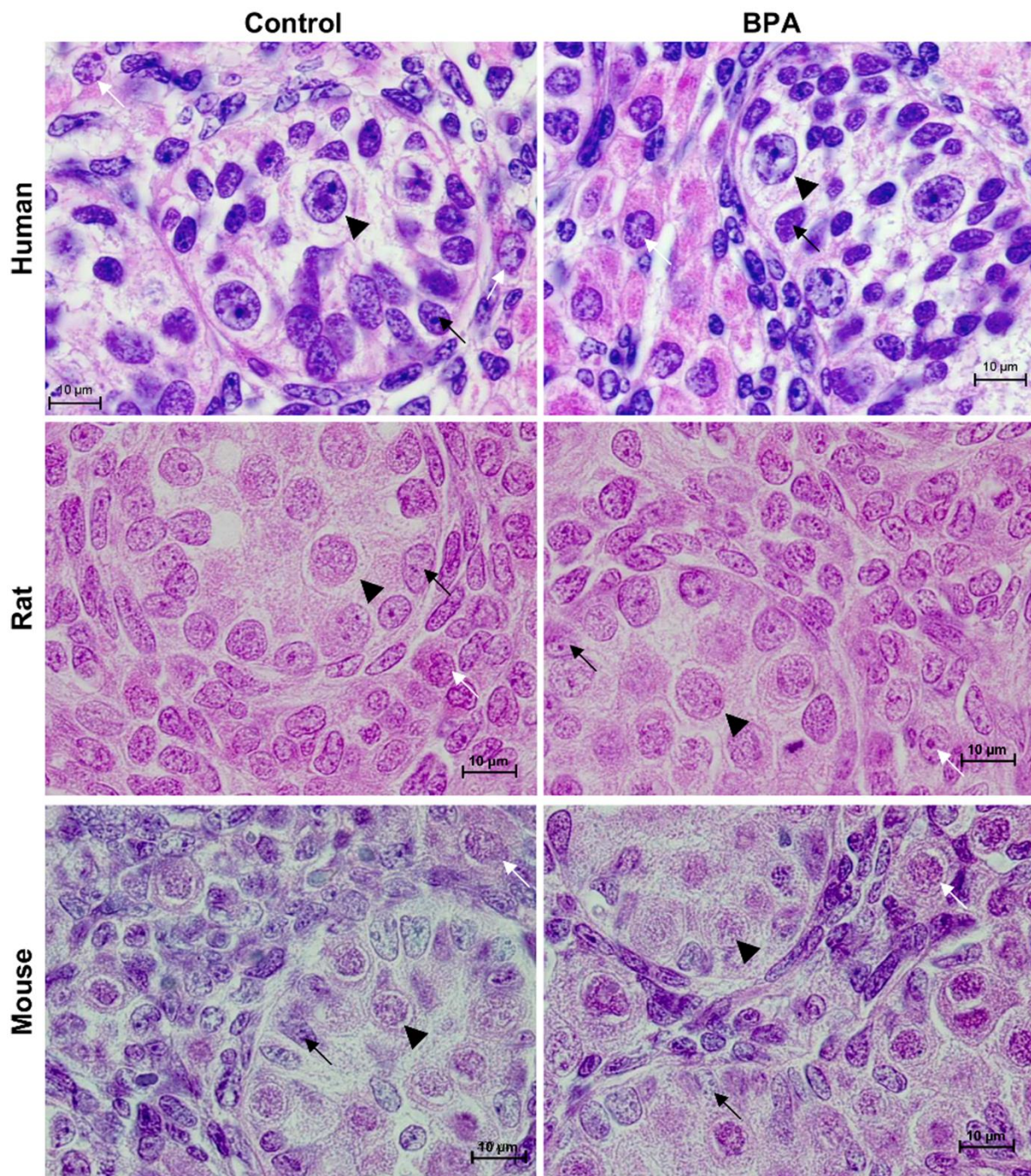
Source : [Communiqué](#), INSERM, 2013



Document B2 - Effets du Bisphénol A sur la sécrétion de testostérone par des testicules fœtaux humains

Source : Modifié d'après [Differential Effects of Bisphenol A and Diethylstilbestrol on Human, Rat and Mouse Fetal Leydig Cell Function](#), Thierry N'Tumba-Byn et al, 2012

Traduction : Axe des abscisses = Période de culture (en jours); Axe des ordonnées = Sécrétion relative de testostérone (en pourcentage par rapport au témoin)



Document B3 – Effets du bisphénol A sur l’histologie testiculaire

Source : [Differential Effects of Bisphenol A and Diethylstilbestrol on Human, Rat and Mouse Fetal Leydig Cell Function](#), Thierry N’Tumba-Byn et al, 2012

Traduction : Control = Témoin ; Mouse = souris ; Human = humain.

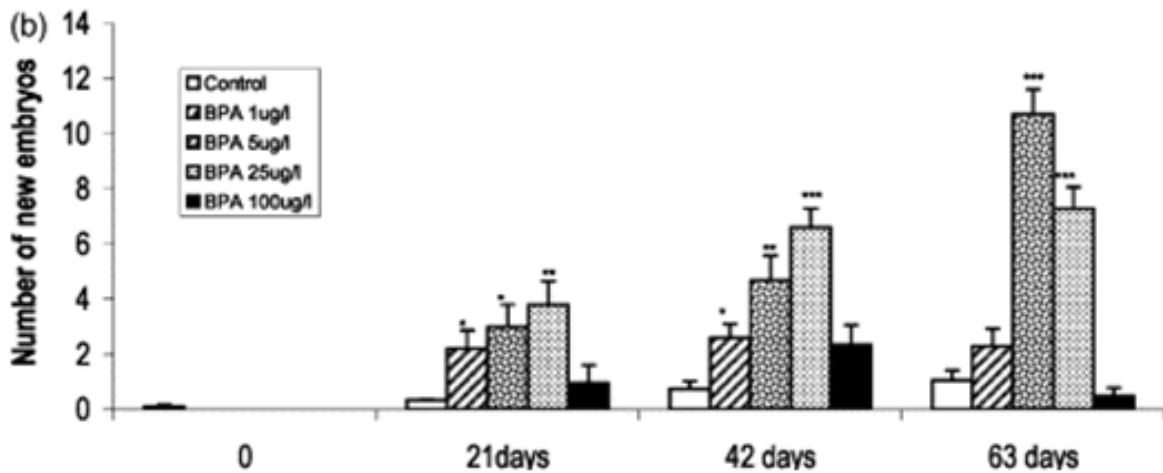
Remarque : Histologie = étude des tissus biologiques. Tissus = ensemble de cellule concourant à une même fonction.

Pistes d'exploitation des documents B1, B2 et B3

Modalité de travail	Description
1 ^{re} modalité : suite de questions	<p>Les trois documents sont donnés aux élèves, qui ont pour consigne de répondre à une série de questions.</p> <p>Propositions de questions modifiables/adaptables :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Préciser, à l'aide du document B1, le rôle de la testostérone dans le déterminisme du sexe biologique chez les humains. 2. Déterminer, à l'aide du document B2, l'impact du bisphénol A sur la sécrétion de testostérone. 3. Mettre en relation les documents B1 et B2 pour déterminer pourquoi on considère le bisphénol A comme un perturbateur endocrinien. 4. Analyser le document A pour déterminer si le bisphénol A affecte l'histologie testiculaire. Formuler une hypothèse sur l'échelle à laquelle agit cette molécule.
2 ^e modalité : travail en tâche complexe	<p>Les trois documents sont fournis aux élèves, qui doivent, par le cheminement qu'ils souhaitent, répondre à la problématique générale « Pourquoi considère-t-on le bisphénol A comme un perturbateur endocrinien ? ».</p> <p>Remarques : les sous-questions de la 1^{re} modalité peuvent servir d'aide pour des élèves en difficulté.</p> <p>Ici, une mise en relation des documents B1 et B2 est indispensable.</p> <p>Le document B3 n'est pas essentiel et peut être retiré pour raccourcir/faciliter l'activité.</p>
3 ^e modalité : évaluation	<p>Cette activité peut constituer une base pour la conception d'un entraînement ou d'un sujet d'évaluation de type « exercice 2 – synthèse sur documents », plutôt en niveau première spécialité SVT.</p>

Activité sur la mise en évidence de l'effet d'un perturbateur endocrinien sur la santé animale avec l'exemple du bisphénol A (niveau conseillé : cycle 4, 2^{de} ou spécialité SVT de 1^{re})

Cette activité, plus courte que les autres et très facile à mettre en œuvre, permet d'aborder les effets des perturbateurs endocriniens en peu de temps, en travaillant sur un exemple non-humain, un escargot.

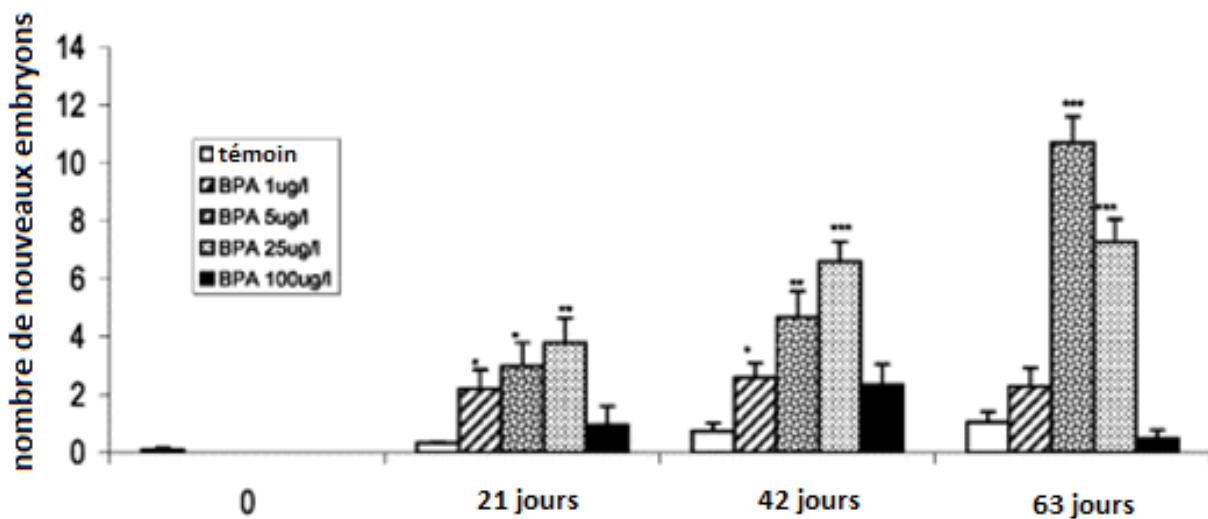


Nombre de nouveaux embryons produits chez une espèce d'escargots (*P. antipodarum*) en fonction de l'exposition au bisphénol A

Source : [Comparative responses of molluscs and fish to environmental estrogens and an estrogenic effluent](#), A. Jobling, 2004

Traduction : Axe des abscisses = temps (en jours); Axe des ordonnées = nombre de nouveaux embryons : Control = témoin

Une version déjà traduite est proposée sur ce document :



Nombre de nouveaux embryons produits chez une espèce d'escargots (*P. antipodarum*) en fonction de l'exposition au bisphénol A

Source : Modifié d'après [Comparative responses of molluscs and fish to environmental estrogens and an estrogenic effluent](#), A. Jobling, 2004

Traduction : Axe des abscisses = temps (en jours); Axe des ordonnées = nombre de nouveaux embryons : Control = témoin

Une question unique peut être donnée aux élèves : « Déterminer, à l'aide d'une analyse du document, l'effet du bisphénol A sur l'espèce étudiée ».

L'effet dose-dépendant pourra être mentionné, ainsi que l'effet de seuil : à partir d'une certaine dose, l'effet semble se réduire.

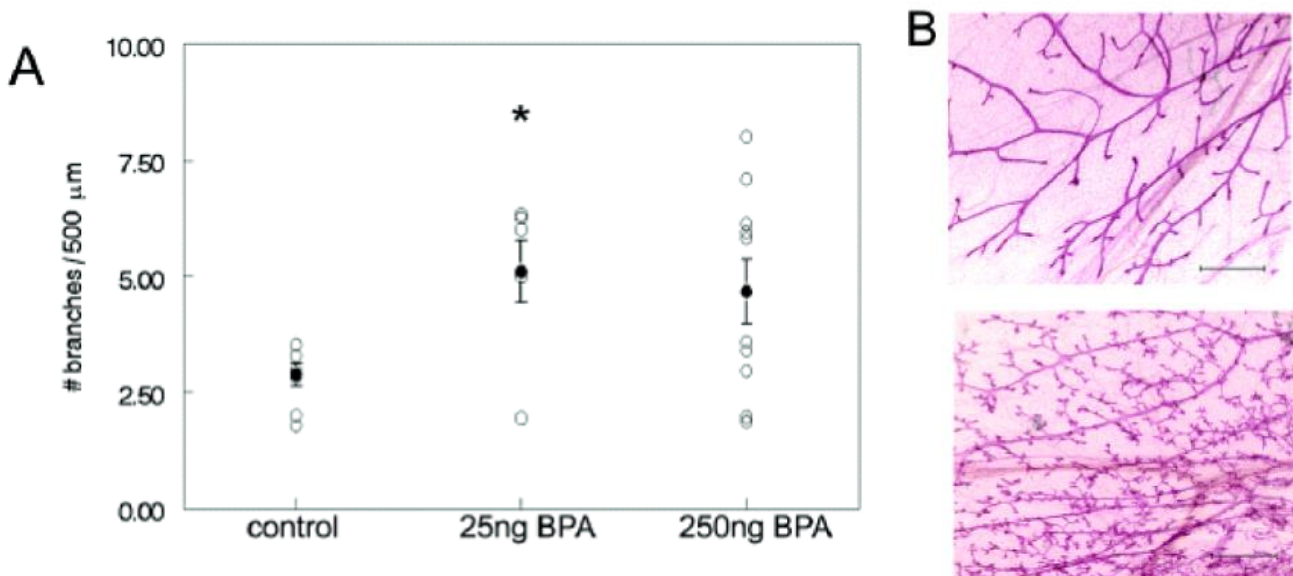
Un point de vigilance est ici à noter : les élèves pourraient associer l'augmentation du nombre d'embryons en lien avec l'augmentation de la quantité de BPA à une hausse de la fertilité. Il convient donc de préciser que seule n'entre pas en compte la quantité des embryons, mais aussi leur qualité. Ici, ce qui est mis en évidence, c'est avant tout un dérèglement hormonal.

Par ailleurs, le modèle d'étude qu'est l'escargot présente des limites. Les observations réalisées sur ce mollusque gastéropode ne sont pas nécessairement extrapolables en l'état aux humains. Ces limites du modèle constituent justement un aspect scientifique intéressant à discuter avec les élèves.

Un approfondissement peut en outre être évoqué à un niveau lycée, plutôt en spécialité SVT : il s'agit de mettre en avant le fait qu'au-delà d'un certain seuil, l'effet dose-dépendant du BPA cesse voire s'inverse. Cela peut correspondre à l'activation d'autres récepteurs, ou à un effet de saturation.

Activité de démarche historique sur la mise en évidence de l'effet du bisphénol A sur la cancérisation (niveau conseillé : 1^{re} spécialité)

L'activité ici proposée permet de conduire une démarche historique en étudiant les expériences menées par Ana Soto ayant permis – d'abord de façon accidentelle – de découvrir l'effet cancérigène du bisphénol A.



Document C1 – Évolution du nombre de ramifications des canaux galactophores* au sein d'un tissu mammaire exposé à différentes concentrations de bisphénol A

Source : *Perturbateurs endocriniens, le temps de la précaution*, [Site du Sénat français](https://www.senat.fr/rap/r10-765/r10-76512.html) : « *Perturbateurs endocriniens, le temps de la précaution, Rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, 12 juillet 2011* » : <https://www.senat.fr/rap/r10-765/r10-76512.html>

Traduction : Control = témoin ; Axe des ordonnées = Nombre de ramifications par unité de longueur.

***Canal galactophore** : structure permettant la conduction du lait produit au sein des glandes mammaires jusqu'au mamelon.

[...] Ana Soto et d'autres équipes ont mis en lumière **le rôle du Bisphénol A potentiellement promoteur du cancer du sein chez les rongeurs**, notamment à la suite de l'observation de la multiplication anormale des canaux galactophore chez la jeune souris exposée au BPA.

Les données [du document C1] illustrent ce résultat. Le premier diagramme (A) montre l'augmentation du nombre de ramifications des canaux galactophores dans la glande mammaire de souris âgées de 4 mois soumises à une exposition périnatale de 25 à 250 ng/kg/j de BPA. Les coupes comparent une glande témoin avec une seconde d'une souris exposée à 25 ng/j.

Document C2 – Extrait de l'article « Perturbateurs endocriniens, le temps de la précaution »

Source : *Perturbateurs endocriniens, le temps de la précaution*, Site du Sénat français : « Perturbateurs endocriniens, le temps de la précaution, Rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, 12 juillet 2011 » : <http://www.senat.fr/rap/r10-765/r10-7651.pdf>

Remarque : une prolifération cellulaire rapide peut correspondre à un processus de cancérisation.

L'exploitation peut s'orienter vers la mise en relation des deux documents :

Montrer, à l'aide d'une mise en relation des documents C1 et C2, que le bisphénol A affecte la prolifération cellulaire.

Si les notions relatives à la cancérisation ont déjà été vues en classe, il est possible d'aller plus loin en reliant la prolifération cellulaire avec un risque de cancer accru.

Activité sur les impacts des perturbateurs endocriniens sur la reproduction humaine (niveau conseillé : lycée)

L'activité proposée ici permet de travailler sur des données épidémiologiques (par exemple dans le cadre du programme de première spécialité en SVT). La thématique du recul de la fertilité humaine est ici étudiée.

Les documents proposés sont indépendants, mais le premier apporte davantage de données chiffrées, et le deuxième amène des pistes explicatives permettant une corrélation avec les perturbateurs endocriniens. Il peut donc être pertinent de les traiter ensemble.

	Nombre de cas/an	Evolution de l'incidence	Taux d'incidence(/10 000)	Période d'analyse
Cryptorchidie	7 000	+2,6% par an	26	2002-2014
Hypospadias	3 000	Pas d'évolution	10	2002-2014
Qualité du sperme		-1,9% par an (baisse de la concentration spermatique)		1989-2005
Cancer du testicule	2 000	+1,5% par an	0,7	1998-2014
Endométriose	30 000	+1,2% par an	10 (femmes âgées de 10 ans et plus)	2011-2017
Fibrome utérin	36 000	Biaisée par l'augmentation de la prise en charge par médicament (+13% par an)	17,1 (femmes âgées de 10 à 54 ans)	2013-2017
Puberté précoce centrale idiopathique	1 500	+4,5% par an	2,7 chez les filles et 0,2 chez les garçons	2007-2017

Document D1 – Quelques données sur l'incidence de quelques troubles liés à la procréation humaine

Source : [Santé Publique France](#), dossier thématique sur les perturbateurs endocriniens

Le syndrome de dysgénésie testiculaire (*testicular dysgenesis syndrome*, TDS) est un trouble du développement des testicules pouvant conduire à des malformations congénitales (hypospadias, cryptorchidies) chez le garçon, un risque accru de cancer du testicule et une mauvaise qualité du sperme à l'âge adulte [...]. Il pourrait être favorisé par une exposition précoce aux perturbateurs endocriniens [...].

Des indicateurs épidémiologiques relatifs à ces composantes ont été construits à partir de bases de données nationales existantes [...] et étudiés sur des périodes comparables, afin de discuter le rôle d'une exposition environnementale aux PE.

Les variations [...] montrent, sur les périodes d'étude, une détérioration marquée, et pas de tendance nette pour les hypospadias. [...]

Les résultats reflètent une altération globale de la santé reproductive masculine en France, [...] compatibles avec des changements environnementaux ou de modes de vie, parmi lesquels l'exposition croissante aux PE de la population générale.

Document D2 – Extraits d'un article de recherche portant sur l'effet de l'exposition aux perturbateurs endocriniens sur la dysgénésie testiculaire

Source : Analyse combinée des quatre indicateurs du syndrome de dysgénésie testiculaire en France, dans le contexte de l'exposition aux perturbateurs endocriniens : cryptorchidies, hypospadias, cancer du testicule et qualité du sperme, Joelle le Moal et al., 2018

Ces documents peuvent être exploités ensemble ou séparément. Voici une proposition de consigne :

Montrer, à l'aide d'une analyse du ou des document(s) D1 et/ou D2, que la fertilité humaine est globalement en recul en France. **Proposer** une hypothèse pouvant expliquer ce phénomène.

Activité sur les impacts des perturbateurs endocriniens sur la biodiversité (niveau conseillé : cycle 4)

Cette activité est orientée santé-environnement et permet de traiter des impacts d'un autre perturbateur endocrinien, le DDT, sur une autre espèce que les humains.



Le DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane) est un composé de synthèse qui a été très utilisé comme insecticide après la Seconde Guerre mondiale.

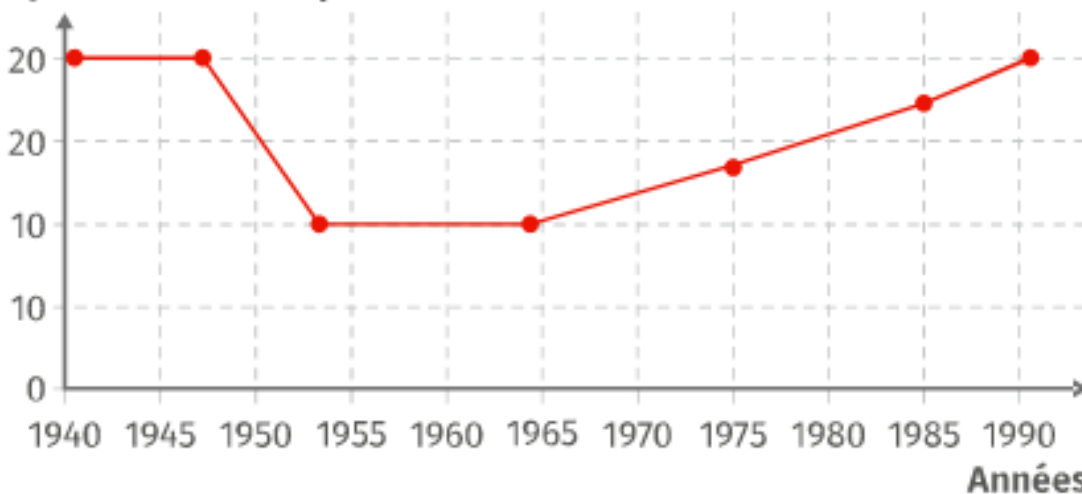
Extrêmement efficace, il a notamment permis de lutter contre les moustiques, et donc contre certaines maladies qu'ils transmettent, comme le paludisme.

Il a cependant été moins utilisé puis interdit dans de nombreux pays dans les années 1960-1970, en raison de son impact environnemental et sanitaire très important.

Document E1 – Présentation du DDT

Source : [Wikipédia](#) Par Lamiot — Travail personnel, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12873728>

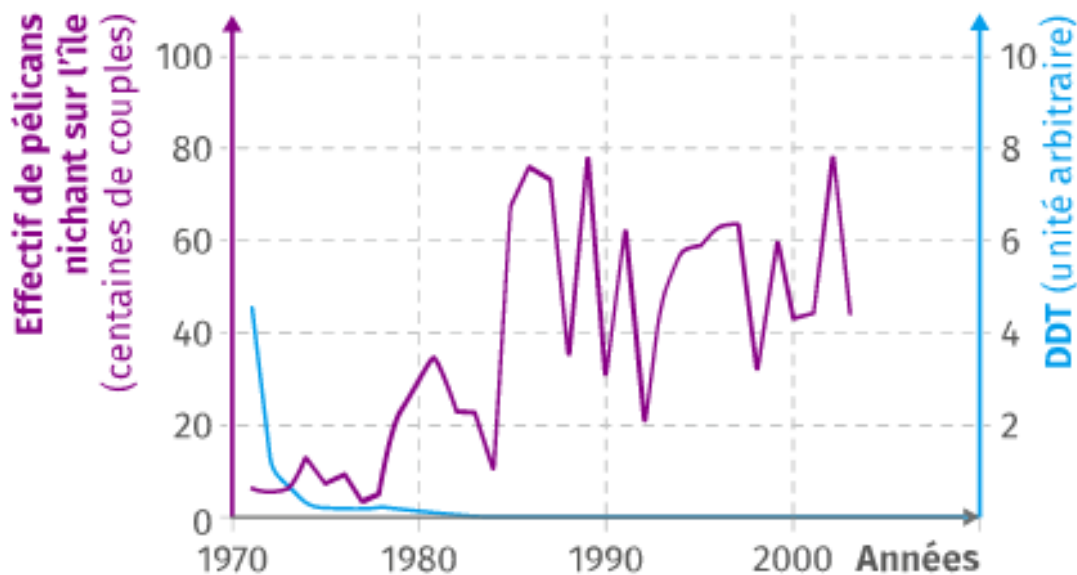
Épaisseur de la coquille (mm)



Document E2 - Épaisseur de la coquille des œufs de faucon en Europe entre 1940 et 1990

Source : [Lelivrescolaire](#), manuel de SVT 2de

Remarques : Une épaisseur de coquille plus faible favorise le risque de cassure prématurée de l'œuf avant éclosion.



Document E3 - Teneur en DDT et population de pélicans bruns, endémiques des Channel Islands

Source : [Lelivrescolaire](#), manuel de SVT 2^{de}

Pistes d'exploitation des documents E1, E2 et E3

Modalité de travail	Description
1 ^{re} modalité : suite de questions	<p>Les trois documents sont donnés aux élèves, qui ont pour consigne de répondre à une série de questions.</p> <p>Propositions de questions modifiables/adaptables :</p> <ol style="list-style-type: none"> Déterminer, à l'aide du document E2, l'impact du DDT sur les faucons d'Europe. Expliquer, à l'aide du document E3, la relation entre DDT et effectif de la population d'oiseaux. Montrer que l'interdiction du DDT a eu des conséquences favorables pour l'environnement.
2 ^e modalité : travail en tâche complexe	<p>Les trois documents sont fournis aux élèves, qui doivent, par le cheminement qu'ils souhaitent, répondre à la problématique générale « Montrer que l'interdiction du DDT a eu des conséquences favorables pour l'environnement ».</p> <p>Remarques : les sous-questions de la 1^{re} modalité peuvent servir d'aide pour des élèves en difficulté.</p> <p>Ici, une mise en relation des documents est indispensable.</p>
3 ^e modalité : évaluation	<p>Cette activité peut constituer une base pour la conception d'une évaluation, notamment pour évaluer le degré d'acquisition de la compétence « analyse de graphique ».</p>

Activité « Impacts des perturbateurs endocriniens sur la biodiversité et la santé humaine » (niveau conseillé : lycée)

Cette activité, également orientée santé-environnement, traite du même sujet que la précédente, mais avec un niveau et un nombre de documents un peu plus élevé.

Les documents, en nombre plus important, permettent de traiter de façon plus complète la thématique des impacts du DDT, avec à la fois les conséquences sur les oiseaux, mais aussi sur la santé humaine. Elle permet par ailleurs de développer une approche plus nuancée, puisqu'elle aborde l'efficacité de la molécule dans la lutte contre le moustique vecteur du paludisme et constitue donc un levier pour discuter de la notion de rapport bénéfice-risque.

Elle convient particulièrement à un entraînement à l'étude de documents, ou à une évaluation, pour la partie « L'humanité et les écosystèmes » en première spécialité SVT.

Il est à noter que cette activité peut se prêter à une étude des notions de « corrélation » et « causalité », dans la mesure où les études écologiques² n'établissent pas de liens de causalité. Cela peut contribuer efficacement à la formation à l'esprit critique et scientifique des élèves.



Le DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane) est un composé de synthèse qui a été très utilisé comme insecticide après la Seconde Guerre mondiale.

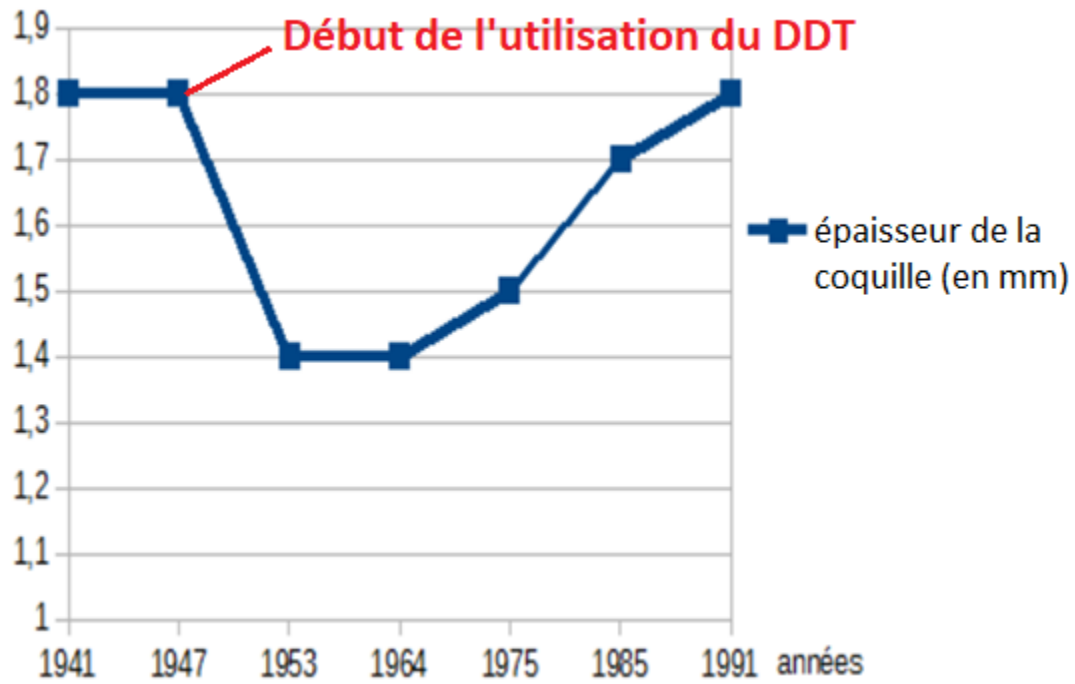
Extrêmement efficace, il a notamment permis de lutter contre les moustiques, et donc contre certaines maladies qu'ils transmettent, comme le paludisme.

Il a cependant été moins utilisé puis interdit dans de nombreux pays dans les années 1960-1970, en raison de son impact environnemental et sanitaire très important.

Document F1 – Présentation du DDT

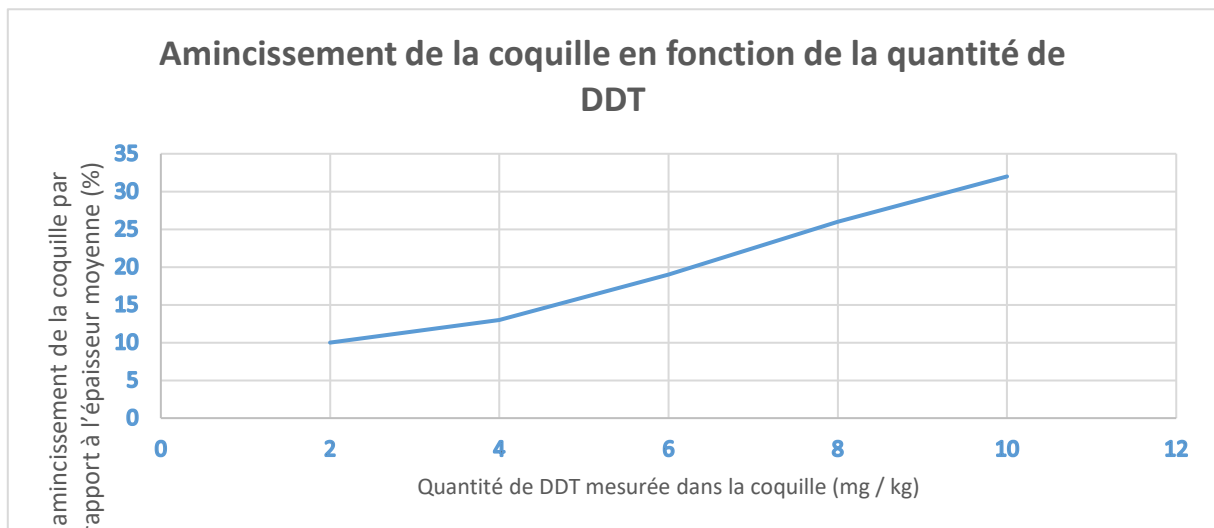
Source : [Wikipédia](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12873728) Par Lamiot — Travail personnel, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12873728>

² Une étude écologique utilise des données agrégées au niveau d'une population (par exemple le nombre de décès). Son objectif est de déterminer les variations de fréquence d'une maladie dans l'espace (étude géographique) ou dans le temps (étude temporelle) et de mettre en correspondance ces variations globales avec des facteurs environnementaux, essentiellement à des fins de veille sanitaire. (Source : site sante.fr).



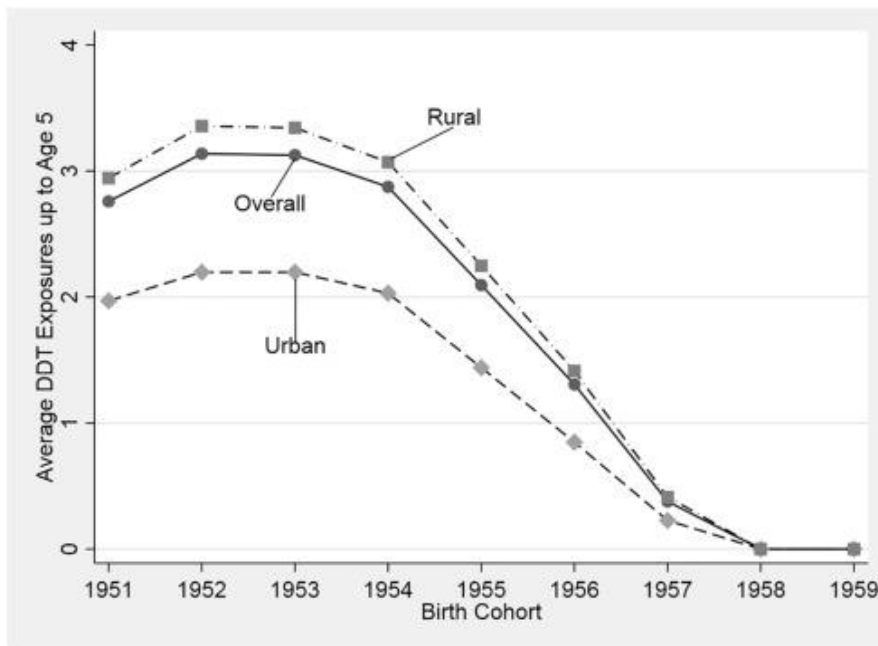
Document F2 - Évolution de l'épaisseur de la coquille d'œuf de faucon pèlerin

Source : modifié d'après [Wikipedia](#)



Document F3 - Amincissement de la coquille en fonction de la quantité de DDT

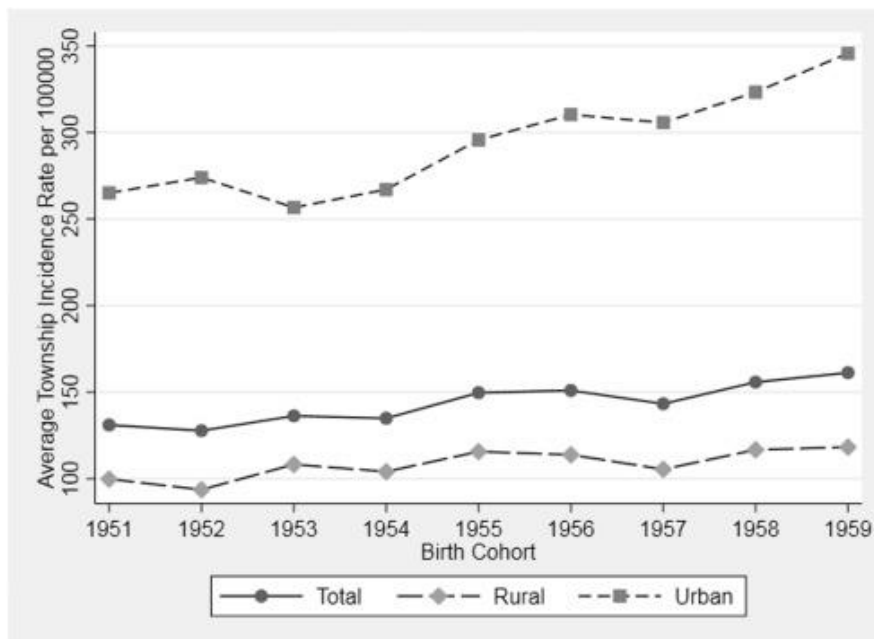
Source : modifié d'après [Wikipedia](#)



Document F4 - Exposition moyenne au DDT jusqu'à 5 ans en zone rurale ou urbaine à Taiwan, selon les années

Source : [DDT exposure in early childhood and female breast cancer: Evidence from an ecological study in Taiwan](#), Chang et al. , 2018

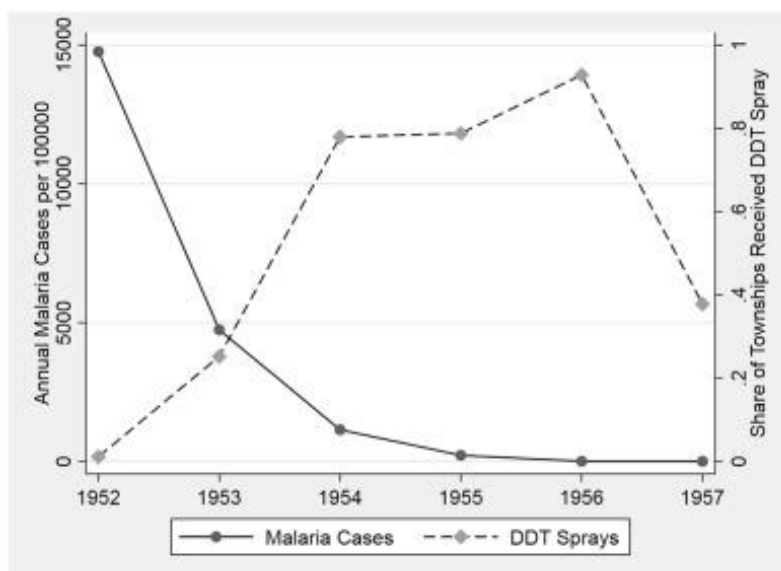
Traduction : Axe des abscisses = Année de naissance; Axe des ordonnées = Indice d'exposition moyen au DDT avant l'âge de 5 ans; Urban = urbain ; Overall = total.



Document F5 - Taux d'incidence local moyen du cancer du sein entre 50 et 54 ans en zone rurale ou urbaine à Taiwan, selon les années de naissance

Source : [DDT exposure in early childhood and female breast cancer: Evidence from an ecological study in Taiwan](#), Chang et al. , 2018

Traduction : Axe des abscisses = Année de naissance; Axe des ordonnées = Taux d'incidence moyen du cancer du sein, pour 100 000 habitants; Urban = urbain.



Document F6 - Prévalence du paludisme et localités ayant reçu des épandages de DDT à Taiwan, entre 1952 et 1957

Source : [DDT exposure in early childhood and female breast cancer: Evidence from an ecological study in Taiwan](#), Chang et al., 2018

Traduction : Axe des ordonnées gauche = Nombre de cas de Paludisme annuels pour 100 000 habitants; Axe des ordonnées droite = Part des villes ayant reçu des pulvérisations de DDT; Malaria cases = Cas de paludisme; DDT Sprays = Pulvérisations de DDT

Pistes d'exploitation des documents F1 à F6

Modalité de travail	Description
1 ^{re} modalité : suite de questions	<p>Les documents sont donnés aux élèves, qui ont pour consigne de répondre à une série de questions.</p> <p>Propositions de questions modifiables/adaptables :</p> <ol style="list-style-type: none"> Déterminer, à l'aide des documents F2 et F3, l'impact du DDT sur les faucons pèlerins. Déterminer, à l'aide des documents F4 et F5, s'il existe une corrélation entre exposition au DDT et cancer du sein. Montrer, à l'aide du document F6, l'efficacité du DDT dans la lutte contre le paludisme. Conclure sur les conséquences de l'utilisation du DDT en matière de santé humaine et environnementale.
2 ^e modalité : travail en tâche complexe	<p>Les documents sont tous fournis aux élèves, qui doivent, par le cheminement qu'ils souhaitent, répondre à la problématique générale suivante :</p> <p>Consigne : vous discuterez, à l'aide d'un raisonnement rigoureux appuyé sur les documents, des conséquences sanitaires et environnementales de l'utilisation du DDT.</p> <p>Les sous-questions de la 1^{re} modalité peuvent servir d'aide pour des élèves en difficulté. Ici, une mise en relation des documents entre eux est indispensable.</p>
3 ^e modalité : évaluation	<p>Cette activité peut consister une base pour la conception d'un entraînement ou d'un sujet d'évaluation de type « exercice 2 – synthèse sur documents ».</p>

4 – Quelques éléments scientifiques à destination des enseignants

Quelques concepts scientifiques et définitions en lien avec la thématique sont compilés ici.

Ces concepts n'ont pas nécessairement vocation à être abordés en classe avec les élèves, mais ils pourront utilement servir pour répondre à leurs éventuelles questions.

Pour davantage d'informations et de détails, se reporter à la rubrique « Ressources complémentaires » du présent document.

Quelques éléments scientifiques sur les perturbateurs endocriniens

Un perturbateur endocrinien est, selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), une substance chimique d'origine naturelle ou synthétique, étrangère à l'organisme, qui est susceptible d'interférer avec le fonctionnement du système endocrinien, c'est-à-dire des cellules et organes impliqués dans la production des hormones et leur action sur les cellules dites « cibles » via des récepteurs. Ces molécules dérèglent le fonctionnement hormonal des organismes vivants, et peuvent ainsi générer des effets néfastes sur la santé humaine et animale ainsi que sur l'environnement et les écosystèmes.

Largement présentes dans l'environnement (eau, alimentation, air, vêtements...), les perturbateurs endocriniens et leurs effets potentiels sur les organismes vivants constituent un enjeu majeur de santé publique.

L'influence des perturbateurs endocriniens est suspectée dans de nombreuses maladies et troubles : baisse de la qualité du sperme et de la fertilité humaine en général, augmentation de la fréquence d'anomalies du développement des organes, troubles de la croissance, abaissement de l'âge de la puberté, perturbations neurologiques, immunitaires, cancers ou encore maladies métaboliques (diabète, obésité). La puberté, la petite enfance et la grossesse constituent des périodes critiques vis-à-vis des perturbateurs endocriniens.

Les perturbateurs endocriniens peuvent agir de différentes manières :

- Blocage de la fixation d'une hormone sur son récepteur
- Mime de l'action d'une hormone de l'organisme induisant la réponse à celle-ci
- Interférence avec la régulation d'une hormone ou de son récepteur

Quelques chiffres-clés sur les perturbateurs endocriniens :

- 99 % des femmes enceintes en France ayant participé à l'[étude d'imprégnation dans la cohorte ELFE en 2011](#) étaient imprégnées par des phtalates (), et 80 à 99 % de la population ayant participé à l'étude ESTEBAN entre 2014 et 2016 l'étaient également.
- 800 substances identifiées comme ayant des propriétés perturbatrices endocriniennes avérées ou suspectées ([Santé publique France](#)). Plus précisément, l'[Anses](#) a identifié en 2021 une liste de 906 substances d'intérêt du fait de leur action endocrine potentielle.

Quelques exemples de perturbateurs endocriniens avérés :

- Diéthylstilboestrol (distilbène);
- Substances chimiques retrouvées dans des produits de la vie courante : parabènes (butylparaben), bisphénols A et S (BPA et BPS), phtalates, composés perfluorés (PFC, encore appelés PFAS), composés polybromés (retardateurs de flamme bromés);
- Substances polluantes dans l'environnement : polychlorobiphényles (PCB), hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), pesticides interdits (chlordécone, DDT)...

Une liste officielle de substances classées au niveau européen comme « perturbateurs endocriniens avérés » est disponible sur le site [EDLISTS.org](https://edlists.org).

Quelques précisions concernant le Bisphénol A :

- Défini comme perturbateur endocrinien par l'organisation mondiale de la santé (OMS), et classé par l'agence européenne des substances chimiques (ECHA) comme « toxique pour la reproduction » et « substance très préoccupante » en tant que perturbateur endocrinien (PE) en 2017 ;
- Suspecté d'être associé à diverses pathologies (diabète, obésité, maladies cardiovasculaires, respiratoires, rénales, cancers);
- Agit même à très faible concentration ;
- Étaient utilisé pour certains objets courants comme les boîtes de conserve, les biberons (interdiction en 2011), les tickets de caisse (interdiction en 2020);
- Interdit dans les conditionnements et contenants alimentaires, et les ustensiles destinés à entrer en contact direct avec les denrées alimentaires en France depuis 2015 (Loi n° 2012-1442 du 24 décembre 2012 applicable au 1er janvier 2015). Le règlement UE n° 10/2011 fixe depuis 2018 l'interdiction du BPA dans les biberons et les contenants pour l'alimentation des nourrissons, et une limite de migration spécifique pour les autres matériaux en contact avec les denrées alimentaires. La France a été à l'initiative des interdictions au niveau européen ;
- Le BPA a été remplacé par d'autres bisphénol (BPS, BPF, BPB) qui posent également problème selon l'[Anses](#) : le BPS a d'ailleurs également été classé en 2021 en tant que PE par l'ECHA et le BPB, qui a remplacé le A et le S, est également suspecté d'être un PE ;
- Santé Publique France a retrouvé du BPA chez 74 % des femmes enceintes de la cohorte ELFE ayant accouché en 2011, et a retrouvé du BPA, mais aussi BPS et F, dans la quasi-totalité des échantillons de l'étude ESTEBAN menée entre 2014 et 2016 chez des 500 enfants et 900 adultes).

Quelques précisions concernant le DDT :

- DDT = Dichlorodiphényltrichloroéthane ;
- Synthétisé pour la première fois à la fin du XIX^e siècle ;
- Insecticide très efficace, le plus utilisé au monde après la Seconde Guerre mondiale, interdit en 1971 mais encore utilisé aujourd'hui dans quelques pays tropicaux pour lutter contre les moustiques responsables du paludisme ;
- Diminution des pulvérisations puis interdictions à partir des années 1960-1970 ;

- Évoqué dans l'ouvrage Printemps silencieux de Rachel Carson en 1962, où il est dénoncé pour son effet d'amincissement de la coquille des œufs d'oiseaux, et ses impacts sur la biodiversité;
- Impacts sur la santé humaine et notamment effet cancérigène.

La nécessité de prendre des mesures de prévention des expositions aux substances chimiques (sobriété chimique, effet cocktail, exposome...) est aujourd'hui reconnue (cf. [stratégie européenne sur les produits chimiques](#), Plan National Santé-Environnement ([PNSE 4](#)) et Stratégie Nationale sur les Perturbateurs Endocriniens ([SNPE 2](#)), [site 1000 premiers jours...](#)).

Des mesures de prévention

Afin de limiter au maximum notre exposition aux substances chimiques potentiellement perturbateurs endocriniens, il est possible d'agir avec des gestes simples au quotidien :

- limiter l'utilisation de plastiques (notamment alimentaires);
- utiliser des contenants en verre ou en porcelaine pour chauffer au four micro-ondes;
- réduire l'utilisation de produits ménagers et utiliser plutôt des produits simples (vinaigre, savon noir, bicarbonate de soude);
- aérer les logements et aspirer régulièrement;
- laver les vêtements neufs avant de les porter;
- limiter l'utilisation de produits cosmétiques (maquillage, vernis à ongle, déodorants...) et privilégier les produits porteurs de labels environnementaux;
- consommer une alimentation non transformée et si possible issue de l'agriculture biologique.

Lexique thématique

Un lexique restreint des mots scientifiques abordés dans cette séquence est ici proposé.

Terme	Définition
Perturbateur endocrinien	Substance chimique d'origine naturelle ou synthétique, étrangère à l'organisme et susceptible d'interférer avec le fonctionnement du système endocrinien
Système endocrinien	Ensemble des cellules, tissus, organes impliqués dans la production d'hormones
Endocrine	Qui est relatif au système endocrinien
Hormone	Messenger chimique produit par une glande, transporté par le sang, et qui agit à distance pour provoquer une action spécifique
Xénobiotique	Molécule présente dans un organisme mais d'origine extérieure, étrangère
Exposome	Ensemble des facteurs environnementaux auxquels est exposé un organisme donné (ici en particulier, l'exposome chimique regroupe l'ensemble des xénobiotiques auxquels est exposé un organisme donné)
Glande	Organe pouvant produire une sécrétion (hormone, enzyme, etc.)
Sobriété chimique	Principe visant à limiter au maximum l'exposome chimique
Effet cocktail	Effet résultant de l'exposition à un mélange de substances, pouvant interagir entre elles et potentialiser les impacts sur la santé des substances prises isolément.
Phtalates	Groupe de produits chimiques utilisés comme plastifiants. Certains sont reconnus comme étant des perturbateurs endocriniens.

5 – Ressources complémentaires

Ci-dessous sont présentées des ressources complémentaires pour préparer, enrichir ou approfondir une séquence sur les perturbateurs endocriniens.

Certaines ressources pourront utilement servir pour répondre aux questions des élèves sur le sujet.

- Page de ressources du site Notre environnement « [Perturbateurs endocriniens : BPA et DEHP](#) »
- Scénario pédagogique « [communication hormonale](#) »
- Site internet [1000 premiers jours](#) de Santé publique France (SpF) et [page spécifique sur les perturbateurs endocriniens](#).
- Dossier « [perturbateurs endocriniens](#) » de Santé publique France (SpF).
- La [Bande Dessinée sur les PE](#) de l'INRAE dont son issues les deux planches
- Brochure sur « [Comment limiter son exposition](#) » (Eset Bourgogne France Comté)
- Brochure diffusée dans les lycées d'Ile de France « [Les perturbateurs endocriniens](#) » dans le cadre du projet de sensibilisation aux perturbateurs endocriniens sur le site [réseau environnement santé](#)

- [Dossier du Sénat français](#) sur les perturbateurs endocriniens
- Page de l'[ANSES](#) sur les perturbateurs endocriniens
- Liste des substances reconnues comme perturbateurs endocriniens au niveau européen : [Edlists.org](#)
- Dossier sur les perturbateurs endocriniens sur le [site du ministère chargé de la Santé](#)