



Institut de
Recherche &
d'Expertise
Scientifique



Guide technique

Kit Bracelet - Perturbateurs endocriniens

Mesure d'exposition à des polluants par prélèvement sur bracelet en silicone – Méthode interne ANA-BRA-MO-001

Version 2 | 16/07/2025

LABORATOIRE

Institut de Recherche et d'Expertise Scientifique (IRES), 2 rue de la Durance, Europarc Meinau, 67100 STRASBOURG – France

1	CONTEXTE	3
2	KITS DE PRÉLÈVEMENT	3
3	OBJET DU GUIDE TECHNIQUE.....	4
4	PRÉLÈVEMENT.....	4
	DÉCONTAMINATION ET CONDITIONNEMENT DES BRACELETS.....	4
	CONTRÔLE DE CONFORMITÉ AVANT DISTRIBUTION	4
	MOLÉCULES ANALYSÉES (liste pouvant évoluer).....	5
5	PRÉCONISATIONS D'UTILISATION ET DE STOCKAGE.....	6
6	ANALYSE DES POLLUANTS SUR BRACELET.....	7
	DOMAINE D'ETALONNAGE.....	7
	INCERTITUDES DE MESURE	8
7	EXPRESSION DES RÉSULTATS.....	9
8	RESTITUTION DES RÉSULTATS	9
9	AIDE À L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS.....	10

1 | CONTEXTE

Les **perturbateurs endocriniens** (PE) sont des substances chimiques qui peuvent altérer le fonctionnement normal du système hormonal, avec des conséquences potentiellement nocives pour la santé humaine et l'environnement. Ces composés sont **omniprésents** dans notre quotidien, dans des produits de consommation courante tels que les plastiques, les cosmétiques et les pesticides.

Dotée d'exceptionnelles propriétés absorbantes, le silicone est un matériau particulièrement intéressant pour **mesurer la pollution ambiante**. Sous la forme d'un **bracelet porté une semaine**, il accumule la pollution à laquelle l'organisme est exposé. Contrairement à une idée reçue, le silicone n'est pas constitué de plastique ou d'hydrocarbures, mais de silicium, un élément présent dans la nature.

L'analyse du bracelet en laboratoire permet d'identifier les **polluants auxquels l'humain est exposé** (principalement par voie d'inhalation et par voie cutanée) dans son environnement et de déterminer le niveau de pollution. **Les résultats sont comparés à des statistiques d'exposition humaine** établies par le laboratoire IRES.

L'utilisation de bracelets en silicone comme supports pour la **détection des perturbateurs endocriniens** est une nouvelle façon d'évaluer l'exposition humaine à travers l'utilisation d'un **échantillonneur passif simple, non invasif et peu onéreux**.

Ces bracelets, capturant les substances chimiques présentes dans l'air, l'eau ou le contact direct avec la peau, permettent une évaluation continue de l'exposition de l'individu à divers contaminants, notamment les phtalates et les pesticides.

2 | KITS DE PRÉLÈVEMENT

Ce kit d'analyse permet de **mesurer une exposition** jusqu'à 20 perturbateurs endocriniens (**12 plastifiants et 8 pesticides**). Le dispositif de prélèvement sur bracelet est **très simple** : après avoir porté le bracelet en continu pendant 7 jours, et l'avoir retourné, celui-ci est **analysé en laboratoire pour identifier et quantifier les polluants qui y sont présents**.

Le kit d'analyse « **Bracelet** » (Plastifiants, Pesticides ou Perturbateurs endocriniens) contient les éléments suivants :

- Un **bracelet en silicone** ;
- Une **boîte métallique** pour le transport du dispositif de prélèvement (bracelet) ;
- Une **enveloppe de protection** pour le renvoi du prélèvement et pour inscrire toutes les informations concernant le prélèvement (dates de prélèvement, remarques, etc.) ;
- Une **carte Mémo** indiquant l'identifiant unique du kit, à conserver précieusement ;
- Une **enveloppe retour prépayée individuelle (Lettre Suivie®)** ou un **bordereau Colissimo®**, pour l'envoi des prélèvements au laboratoire (depuis la France métropolitaine uniquement).

Note : L'utilisation du kit d'analyse est détaillée sur le mode d'emploi fourni systématiquement avec les dispositifs de prélèvement.

3 | OBJET DU GUIDE TECHNIQUE

Le présent guide technique a pour objet de rappeler les modalités de sous-traitance analytique de vos mesures d'exposition à des perturbateurs endocriniens, à savoir :

- Les informations sur le dispositif de prélèvement (bracelet) ;
- Les conditions de stockage, de distribution et d'utilisation du support de prélèvement ;
- Les conditions de stockage et de transport retour de l'échantillon (après prélèvement) ;
- Les spécifications techniques relatives aux analyses de perturbateurs endocriniens prélevés sur bracelet.

4 | PRÉLÈVEMENT

Le dispositif fourni par le laboratoire pour le prélèvement passif des perturbateurs endocriniens est un **bracelet en silicone**, destiné à un usage unique. Le principe de prélèvement repose sur le piégeage des composés présents dans l'atmosphère et/ou sur la peau de l'utilisateur, sur un adsorbant constitué de silicone.

Les silicones sont constitués de longues chaînes de polymères inorganiques constitués d'atomes de silicium et d'oxygène pouvant aussi inclure des groupements organiques, avec des pores d'environ 1 nm, similaires à ceux des membranes cellulaires humaines, ce qui leur permet d'adsorber passivement une large gamme de substances organiques de l'environnement.

DÉCONTAMINATION ET CONDITIONNEMENT DES BRACELETS

La décontamination des bracelets est nécessaire pour garantir l'absence de contamination avant prélèvement.

Le procédé consiste à agiter les bracelets pendant une durée précise dans une solution de rinçage composée d'un mélange de solvants, puis à les laisser sécher. Après séchage, les bracelets sont conditionnés et stockés dans une boîte en aluminium **à température ambiante**.

Chaque lot de bracelets est ainsi conditionné, conformément au mode opératoire spécifié dans la procédure interne. Un bracelet représentatif de chaque lot est systématiquement analysé afin de garantir l'absence de contamination du lot en polluants.

Le conditionnement est validé pour une période de 1 an, une étiquette est apposée sur la boîte en aluminium pour vous prévenir de son échéance.

CONTRÔLE DE CONFORMITÉ AVANT DISTRIBUTION

Le laboratoire s'engage à fournir à ses clients des dispositifs de prélèvement passif conformes à des exigences internes, en accord avec les niveaux de contamination acceptables pour une évaluation fiable de l'exposition à des perturbateurs endocriniens, et considérant un **prélèvement réalisé idéalement sur 7 jours en continu**.

Un lot de bracelets conditionnés est considéré conforme lorsque la contamination en polluants recherchés est inférieure à la limite de quantification de la méthode d'analyse. Un certificat de conformité est édité pour chaque lot de bracelets distribué. Ces certificats sont communiqués au client sur simple demande.

MOLÉCULES ANALYSÉES (liste pouvant évoluer)

Composé	N° CAS	8 Pesticides	12 Plastifiants
Bisphénol-A	80-05-7		•
Bisphénol-F	620-92-8		•
Bisphénol-S	80-09-1		•
Di-Méthyl-Phtalate (DMP)	131-11-3		•
Di-Ethyl-Phtalate (DEP)	84-66-2		•
Di-n-Butyl-Phtalate (DBP)	84-74-2		•
Di-iso-Butyl-Phtalate (DiBP)	84-69-5		•
BenzyI-Butyl-Phtalate (BBP)	85-68-7		•
Di-Ethyl-Hexyl-Phtalate (DEHP)	117-81-7		•
Di-n-Octyl-Phtalate (DnOP)	117-84-0		•
Di-iso-Nonyl-Phtalate (DiNP)	28553-12-0		•
Di-iso-Decyl-Phtalate (DiDP)	26761-40-0		•
Diazinon	333-41-5	•	
Fipronil	120068-37-3	•	
Fipronil sulfone	120068-36-2	•	
Imidaclopride	138261-41-3	•	
Perméthrine	52645-53-1	•	
Propiconazole	60207-90-1	•	
Propoxur	114-26-1	•	
Tébuconazole	107534-96-3	•	

5 | PRÉCONISATIONS D'UTILISATION ET DE STOCKAGE

Afin de garantir la fiabilité des dispositifs de prélèvement passif fournis par le laboratoire, le client s'engage à les utiliser selon les prescriptions telles que définies ci-dessous.

Etape du processus (Responsabilité)	
Avant expédition (Laboratoire)	<p>Stockage avant expédition :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Température ambiante • Un bracelet par boîte ronde métallique
Expédition (Laboratoire)	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Lettre suivie</u> (par défaut) ou <u>Colissimo</u> (à partir de 2 kits) : livraison sous 2 à 3 jours ouvrables (France métropolitaine, délai indicatif) ou livraison sous 4 à 8 jours ouvrables (International, délai indicatif) • <u>Chronopost 13h</u> : livraison lendemain avant 13h (France métropolitaine, sur demande)
Réception du kit (Client)	<p>Stockage à réception chez le client :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Température ambiante • Boîte ronde métallique <p>A réception de la commande, le client doit s'assurer de l'intégrité du colis et de son contenu. Il veillera également à vérifier que la <u>date limite d'utilisation</u> du support de prélèvement est <u>conforme à l'usage souhaité</u>.</p> <p>En cas d'anomalie, le laboratoire doit en être informé dans les 2 jours qui suivent la réception de la commande. La situation est évaluée conformément à la procédure interne de gestion des réclamations (disponible sur demande).</p>
Réalisation de prélèvements (Client)	<p>Conditions ambiantes pendant le prélèvement :</p> <p>Le client s'engage à respecter dès que possible les recommandations suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prélèvement recommandé pendant 7 jours en continu ; • Conditions représentatives de la vie réelle de l'utilisateur (ne rien changer aux habitudes). <p>Attention : Comme précisé dans le mode d'emploi fourni dans le kit d'analyse, il est impératif que l'utilisateur remplace le bracelet dans sa boîte métallique d'origine portant la référence du kit immédiatement après la fin du prélèvement.</p>
Envoi des prélèvements au laboratoire (Client)	<p>Les échantillons doivent être expédiés au laboratoire dans un délai maximum de 48 heures suivant la fin du prélèvement. En cas d'envoi prévu après ce délai, le client doit conserver son prélèvement au congélateur, dans la boîte métallique d'origine soigneusement fermée.</p> <p>Pour les clients de France métropolitaine, le laboratoire fournit par défaut une solution de retour des échantillons par Lettre Suivie® (kits individuels) ou par Colissimo® (à partir de 5 kits).</p> <p>Pour les clients situés hors France métropolitaine, la durée de transport retour des échantillons doit être réduite au minimum. En cas de transport retour d'une durée supérieure à 7 jours, les échantillons doivent être retournés dans une enceinte réfrigérée de type glacière avec pain(s) de glace.</p> <p>Le client peut informer le laboratoire de l'expédition de ses échantillons, en précisant la date de réception estimée.</p>
Réception des prélèvements au laboratoire (Laboratoire)	<p>A réception au laboratoire, les échantillons sont conservés au congélateur à -18°C jusqu'à analyse.</p> <p>Le laboratoire s'assure de l'intégrité de l'enveloppe retour ou du colis et de son contenu (présence de chaque bracelet dans sa boîte métallique, et enveloppe de protection en papier (contenant la fiche de prélèvement)). Il vérifie également que la durée entre la fin du prélèvement et la date prévisionnelle d'analyse ne dépasse pas 30 jours. Ce délai permet de respecter les durées de stabilités démontrées par le laboratoire.</p> <p>Si les échantillons ne satisfont pas aux critères énoncés dans ce présent document, le laboratoire en informe le client dans les 2 jours qui suivent la réception des échantillons suivant la non-conformité. La situation est évaluée conformément à la procédure interne de gestion des incidents (disponible sur demande).</p>

6 | ANALYSE DES POLLUANTS SUR BRACELET

L'analyse des polluants sur bracelet est réalisée selon un mode opératoire interne développé par le laboratoire (ANA-BRA-MO-001), en accord avec diverses publications scientifiques et la thèse d'Elmire Chauvière, réalisée en 2021 en collaboration avec le Réseau Environnement Santé et l'Université de Paris.

Ce mode opératoire a également fait l'objet d'une validation conformément à la norme NF T90-210 intitulée « *Protocole d'évaluation initiale des performances d'une méthode dans un laboratoire* ».

Après exposition du bracelet, les polluants adsorbés sur le bracelet sont extraits par **désorption chimique à l'aide d'un mélange de solvants**.

L'extrait est ensuite analysé par deux techniques : **chromatographie liquide couplée à une détection par spectrométrie de masse (LC-MS/MS)** et **chromatographie en phase gazeuse couplée à une détection par spectrométrie de masse (GC-MS/MS)** afin d'identifier et de quantifier les composés présents sur le bracelet.

Chaque séquence d'analyse inclut un contrôle de l'absence de contamination au cours de la préparation des échantillons par la réalisation d'un blanc analytique. Le raccordement au Système International est assuré par l'analyse d'une solution de contrôle qualité de référence (MRC). Les échantillons (extraits) sont conservés pour une durée de 1 mois à compter de la date d'analyse (la stabilité a été démontrée sur 18 mois).

DOMAINE D'ÉTALONNAGE

Le domaine d'étalonnage couvert par le mode opératoire en application est défini dans le tableau ci-dessous :

Composé	LLQ : Limite basse de quantification *	ULQ : Limite haute de quantification *
Bisphénol-A	300 ng/bracelet	150 000 ng/bracelet
Bisphénol-F	300 ng/bracelet	150 000 ng/bracelet
Bisphénol-S	300 ng/bracelet	150 000 ng/bracelet
Di-Méthyl-Phtalate (DMP)	300 ng/bracelet	150 000 ng/bracelet
Di-Ethyl-Phtalate (DEP)	300 ng/bracelet	150 000 ng/bracelet
Di-n-Butyl-Phtalate (DBP)	300 ng/bracelet	150 000 ng/bracelet
Di-iso-Butyl-Phtalate (DiBP)	300 ng/bracelet	150 000 ng/bracelet
Benzyl-Butyl-Phtalate (BBP)	300 ng/bracelet	150 000 ng/bracelet
Di-Ethyl-Hexyl-Phtalate (DEHP)	300 ng/bracelet	150 000 ng/bracelet
Di-n-Octyl-Phtalate (DnOP)	300 ng/bracelet	150 000 ng/bracelet
Di-iso-Nonyl-Phtalate (DiNP)	300 ng/bracelet	150 000 ng/bracelet
Di-iso-Decyl-Phtalate (DiDP)	300 ng/bracelet	150 000 ng/bracelet
Diazinon	20 ng/bracelet	10 000 ng/bracelet
Fipronil	20 ng/bracelet	10 000 ng/bracelet
Fipronil sulfone	20 ng/bracelet	10 000 ng/bracelet
Imidaclopride	20 ng/bracelet	10 000 ng/bracelet
Perméthrine	50 ng/bracelet	25 000 ng/bracelet
Propiconazole	20 ng/bracelet	10 000 ng/bracelet
Propoxur	20 ng/bracelet	10 000 ng/bracelet
Tébuconazole	20 ng/bracelet	10 000 ng/bracelet

* Limites de quantification exprimées en résultat brut analytique (indépendant des données de prélèvement).

INCERTITUDES DE MESURE

Les incertitudes de mesure ont été estimées sur les données de validation de méthode conformément aux normes suivantes :

- **NF T90-210** intitulée « *Protocole d'évaluation initiale des performances d'une méthode dans un laboratoire* », pour la validation des méthodes selon des protocoles statistiques reconnus ;
- et **NF ISO 11352** intitulée « *Estimation de l'incertitude de mesure basée sur des données de validation et de contrôle qualité* ».

Se référer à la concentration du niveau de contrôle qualité (QC) le plus proche pour sélectionner l'incertitude sur le résultat analytique.

Ces incertitudes feront l'objet d'une réévaluation chaque année et seront communiquées uniquement sur demande ou dans le cadre de la révision du présent guide technique.

Composé	Niveau bas (LQ)		Niveau moyen (QCM)		Niveau haut (QCH)	
	Quantité (ng/bracelet)	Incertitude élargie relative	Quantité (ng/bracelet)	Incertitude élargie relative	Quantité (ng/bracelet)	Incertitude élargie relative
Bisphénol-A *	300	30.00 %	3000	30.00 %	9000	30.00 %
Bisphénol-F *	300	30.00 %	3000	30.00 %	9000	30.00 %
Bisphénol-S *	300	30.00 %	3000	30.00 %	9000	30.00 %
Di-Méthyl-Phtalate (DMP)	300	43.06 %	3000	20.38 %	9000	20.25 %
Di-Ethyl-Phtalate (DEP)	300	46.77 %	3000	33.36 %	9000	42.68 %
Di-n-Butyl-Phtalate (DBP)	300	35.72 %	3000	22.49 %	9000	28.38 %
Di-iso-Butyl-Phtalate (DiBP)	300	32.93 %	3000	26.67 %	9000	32.38 %
Benzyl-Butyl-Phtalate (BBP)	300	32.58 %	3000	20.18 %	9000	20.34 %
Di-Ethyl-Hexyl-Phtalate (DEHP)	300	37.80 %	3000	27.10 %	9000	32.57 %
Di-n-Octyl-Phtalate (DnOP)	300	37.43 %	3000	18.83 %	9000	18.83 %
Di-iso-Nonyl-Phtalate (DiNP)*	300	30.00 %	3000	30.00 %	9000	30.00 %
Di-iso-Decyl-Phtalate (DiDP)*	300	30.00 %	3000	30.00 %	9000	30.00 %
Diazinon *	20	30.00 %	200	30.00 %	600	30.00 %
Fipronil *	20	30.00 %	200	30.00 %	600	30.00 %
Fipronil sulfone *	20	30.00 %	200	30.00 %	600	30.00 %
Imidaclopride *	20	30.00 %	200	30.00 %	600	30.00 %
Permethrine *	50	30.00 %	500	30.00 %	1500	30.00 %
Propiconazole *	20	30.00 %	200	30.00 %	600	30.00 %
Propoxur *	20	30.00 %	200	30.00 %	600	30.00 %
Tébuconazole *	20	30.00 %	200	30.00 %	600	30.00 %

Attention : Ces incertitudes sont analytiques et ne tiennent pas compte des incertitudes liées au prélèvement (durée par exemple). Par ailleurs, certaines incertitudes à la LQ paraissent élevées. Toutefois, il ne s'agit là que d'une première estimation, les critères de validation de méthode sont respectés.

* Incertitudes non évaluées. Néanmoins, le critère pour une validation de séquence d'analyse est fixé en premier lieu comme pour toutes les autres molécules.

7 | EXPRESSION DES RÉSULTATS

Les résultats des mesures rapportés correspondent à la masse extraite, exprimée en ng (nanogramme) par bracelet.

Pour chacune des substances, les résultats sont présentés de la façon suivante :

- La molécule a une concentration inférieure à la limite de quantification (LQ) : elle est rapportée « < LQ » ;
- La molécule a une concentration supérieure à la limite de quantification (LQ) : sa concentration est calculée et rapportée en ng/bracelet.

Dans le rapport interprété, lorsque la molécule est présente en concentration comprise entre la limite de détection (LD) et la limite de quantification (LQ), elle est spécifiée comme détectée mais non quantifiable : (notée « <LQ »). En revanche, si la concentration est inférieure à la limite de détection (LD), la molécule est considérée comme non détectée, avec la mention « ABSENCE ».

8 | RESTITUTION DES RÉSULTATS

En choisissant ce kit d'analyse, vous recevrez un rapport interprété vous permettant d'avoir plus de détails sur les polluants recherchés. Ce rapport sera directement téléchargeable sur notre site internet, via la page « [Mon kit Kudzu](#) » ;

Attention : Ce rapport n'est disponible au téléchargement que sur une période de 3 mois après la date de transmission.

L'IRES s'engage à restituer les rapports d'analyse dans un délai maximum de 15 jours ouvrés à partir de la réception des échantillons au laboratoire (sauf option « Express 5 jours » lors de la commande).

9 | AIDE À L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Vous recevrez un rapport d'analyse complet et interprété avec le détail de vos résultats, des informations sur les polluants recherchés et des conseils pour limiter votre exposition aux plastifiants et aux pesticides. Il a été conçu pour comparer rapidement et simplement vos résultats à ceux obtenus lors de campagnes de mesures réalisées par le laboratoire. Le laboratoire a établi sa propre grille d'interprétation considérant une exposition aux polluants sur une durée de 7 jours.

Celle-ci comprend pour chaque molécule : la médiane (P50), les concentrations minimale (P25) et maximale (P75), ainsi que la population testée.

Les valeurs retenues sont données à titre informatif dans le tableau suivant. Ces valeurs n'engagent pas la responsabilité du laboratoire et pourront faire l'objet d'actualisations régulières.

Composé	Médiane*	Occurrence**
Bisphénol-A	ABSENCE	23,5 %
Bisphénol-F	ABSENCE	0,0 %
Bisphénol-S	ABSENCE	23,2 %
Di-Méthyl-Phtalate (DMP)	74 ng/bracelet	88,8 %
Di-Ethyl-Phtalate (DEP)	3 916 ng/bracelet	100,0 %
Di-n-Butyl-Phtalate (DBP)	6 267 ng/bracelet	99,8 %
Di-iso-Butyl-Phtalate (DiBP)	10 596 ng/bracelet	100,0 %
Benzyl-Butyl-Phtalate (BBP)	1 729 ng/bracelet	100,0 %
Di-Ethyl-Hexyl-Phtalate (DEHP)	99 663 ng/bracelet	100,0 %
Di-n-Octyl-Phtalate (DnOP)	ABSENCE	3,9 %
Di-iso-Nonyl-Phtalate (DiNP)	82 542 ng/bracelet	100,0 %
Di-iso-Decyl-Phtalate (DiDP)	32 734 ng/bracelet	100,0 %
Diazinon	ABSENCE	24,7 %
Fipronil	ABSENCE	30,4 %
Fipronil sulfone	< LQ	70,6 %
Imidaclopride	ABSENCE	8,8 %
Perméthrine	1 002 ng/bracelet	100,0 %
Propiconazole	ABSENCE	33,5 %
Propoxur	ABSENCE	4,6 %
Tébuconazole	ABSENCE	9,3 %

* < LQ = Le polluant est présent dans l'échantillon, mais sa concentration est inférieure à la limite de quantification de la méthode d'analyse (LQ).

ABSENCE = La présence du polluant n'est pas détectée dans l'échantillon, sa concentration est inférieure à la limite de détection de la méthode d'analyse (LD).

** Occurrence = Cette valeur, exprimée en %, indique la fréquence de détection du polluant dans les échantillons testés au cours de l'étude.