

# De screening van zeezoutstalen op aanwezigheid van microplastics<sup>1</sup>

Devriese L.I., Bossaer M., Hostens K., Robbens J.

Instituut voor Landbouw- Visserij- en Voedingsonderzoek (ILVO), Afdeling Dier, Aquatisch Milieu en Kwaliteit, Ankerstraat 1, 8400 Oostende, Belgium

Contact: [lisa.devriese@ilvo.vlaanderen.be](mailto:lisa.devriese@ilvo.vlaanderen.be); [Johan.Robbens@ilvo.vlaanderen.be](mailto:Johan.Robbens@ilvo.vlaanderen.be)



Finaal rapport voor de FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en het Leefmilieu, DG Leefmilieu, dienst Productbeleid: Bestek nr. DG5/PP/ML/16007 Lot 1 'De screening van zeezoutstalen op aanwezigheid van microplastics' uitgevoerd door Eigen Vermogen van het Instituut voor Landbouw- Visserij- en Voedingsonderzoek.

Oostende, 31 januari 2017

**ILVO**  
Institute for Agricultural  
and Fisheries Research

---

<sup>1</sup> Alle referenties naar merknamen werden verwijderd in deze, publieke, versie van het verslag.

## Inhoud

Doel .....	3
Informatie Zeezout stalen .....	3
Staalname strategie.....	3
Analysemethode .....	6
Vorbereiding.....	6
Extractie van microplastics met H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	6
Kwantificatie van de microplastic concentratie .....	7
Kwaliteitscontrole .....	7
Dataverwerking .....	7
Concentratie van microplastics .....	7
Microplastic per categorie .....	7
Afwijkende observaties .....	12
Analyse van gekleurde zeezout stalen (grijze en rode zeezoutstalen) .....	12
Overzicht microplastic contaminatie .....	13
Correlatie tussen zware metalen en microplastics .....	15
Discussie .....	16
Dagelijkse hoeveelheid.....	16
Productieproces .....	17
Plastic vervuiling in het gebied van ontginning.....	19
Besluit.....	20
Referenties .....	20
Bijlagen .....	22
<i>Bijlage 1 A: Informatie over de aangekochte zeezout stalen.</i> .....	22
<i>Bijlage 1 B: Bemonsteringsverslag.</i> .....	23
<i>Bijlage 2: Foto's van microplastics waargenomen in zeezout stalen.</i> .....	24
<i>Bijlage 3 : Overzicht van observaties en van de productinformatie</i> .....	25
<i>Bijlage 4 A: Winning van zeezout (industriële proces).</i> .....	26
<i>Bijlage 4 B: Zuivering van zeezout (industriële proces).</i> .....	29

## Doel

Van microplastics is gekend dat ze aanwezig zijn in vis, schelp- en schaaldieren. Recent werd echter de aanwezigheid van microplastics gerapporteerd in zeezout door een groep Chinese onderzoekers (Yang et al., 2015) en ook in het recente statement van EFSA (EFSA CONTAM Panel, 2016) omtrent de microplastics problematiek in voeding werd zout als een belangrijk item beschouwd. Naar aanleiding van deze gegevens werd beslist door de FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu om een screening uit te voeren naar de aanwezigheid van microplastics in zeezout voor menselijke consumptie op de Belgische markt.

De opdracht werd uitgevoerd door ILVO in het kader van het Bestek Nr. DG5/PP/ML/16007, uitgeschreven door DG Leefmilieu Dienst Productbeleid. Het bestek omvatte twee loten: "De screening van zeezoutstalen op aanwezigheid van microplastics (lot 1 - ILVO)" en "De screening van zeezoutstalen op aanwezigheid van zware metalen (lot 2 - UGent)".

## Informatie Zeezout stalen

### Staalname strategie

Er werden 18 zeezout stalen geselecteerd representatief voor de Belgische markt, waarvan er 15 geanalyseerd konden worden. Verschillende parameters werden hierbij in overweging genomen. De 18 geselecteerde stalen zijn in Tabel 1 weergegeven.

De geselecteerde zeezout stalen komen uit zeeën van verschillende regio's: Middellandse zee (Frankrijk, Italië, Spanje), Noordzee, Atlantische Oceaan, Stille Oceaan, Caraïbische Zee. Voor de grofheid werd geopteerd voor fijn zeezout, grof zeezout en zeezout als zoutvlokken.

Stalen zeezout aangeduid in onze selectie als "industriële" werden in een industrieel proces (machinaal) geogst en gewassen. Traditionele zouten worden op een ambachtelijke manier (handmatig) geogst, in zoutbedden (gevormd in een natuurlijk proces via kristallisatie aan de zon) ofwel in zoutpannen (via het koken van zeewater). Sommige traditionele zeezouten zijn gewonnen uit zoutmoerassen op kleibodem en zijn ongewassen.

De meeste verpakkingen zijn klein, bestemd voor huishoudelijk gebruik; één zout werd gekocht in een winkel voor horeca uitbaters (in een grote zak van 25 kg).

Onze selectie dekt zowel veel gebruikte zeezouten uit grote supermarktketens, als speciaalzouten die door een specifieke procedure particuliere eigenschappen hebben. De nodige maatregelen werden getroffen om de integriteit van de monster niet te beïnvloeden.

Tabel 1: Staalname strategie voor de 18 aangekochte zouten met vermelding van de reden voor selectie.

Code	Grofheid	I/T	Origine	Reden voor selectie
Zeezout 1	Fijn	I	Middellandse Zee	Gebruik: veel gebruikt zout, beschikbaar in de meeste winkelketens
Zeezout 2	Grof	I	Middellandse Zee	Gebruik: veel gebruikt zout, beschikbaar in de meeste winkelketens
Zeezout 3	Grof	I	Caraïbische Zee en Stille Oceaan	Gebruik: industrieel gemaakt zout, in grote verpakking voor horeca
Zeezout 4	Grof	T	Atlantische kust	Origine: hand geoogst uit beschermde gebieden van de Atlantische kust
Zeezout 5	Grof	I	Caraïbische Zee en Stille Oceaan	Origine: Caraïbisch Zeezout
Zeezout 6	Grof	I	Caraïbische Zee en Stille Oceaan	Proces: traditioneel geoogst/industrieel verwerkt
Zeezout 7	Grof	T	Atlantische kust	Origine: hand geoogst uit beschermde gebieden van de Atlantische kust
Zeezout 8	Grof	I	Caraïbische Zee en Stille Oceaan	Proces: industrieel gezuiverd zout
Zeezout 9	Vlokken	T	Atlantische kust	Proces: met de hand geoogst zout + grofheid is vlokken
Zeezout 10	Vlokken	T	Middellandse Zee	Proces: traditioneel zout + grofheid: vlokken
Zeezout 11	Grof	T	Atlantische kust	Proces: traditioneel (gewonnen uit zoutmoerassen op kleibodem ongewassen en ongeraffineerd)
Zeezout 12	Vlokken	T	Noordzee	Proces: traditioneel verwerkt en hand geoogst, gerookt met eik
Zeezout 13	Grof	I	Caraïbische Zee en Stille Oceaan	Distributie: enige zeezout bij winkelketen X
Zeezout 14	Fijn	I	Stille Oceaan, Hawaï	Proces: speciaalzout en processing met rode klei
Zeezout 15	Grof	I	Middellandse Zee	Zout voor horeca/grote verpakking
Zeezout 16	Vlokken	T	Noordzee	Proces: hand geoogst zout
Zeezout 17	Vlokken	T	Middellandse Zee	Proces: traditioneel zout + Origine: Middellandse Zee
Zeezout 18	Grof	I	Middellandse Zee	Proces: traditioneel zout + Origine: Middellandse Zee

- I/T: Productie proces I: industrieel zout; T: traditioneel zout
- Indien wordt vermeld 'de 15 zeezoutstalen' wordt gerefereerd naar de stalen 1 t.e.m. 8, 10, 12, 13, 15, 16, 17, 18.

Van elk staal werd eveneens een bemonsteringsverslag opgemaakt met de volgende gegevens:

- benaming van product
- merk
- partij
- verpakkingswijze
- grootte
- geëtiketteerde origine van het zout
- type leverancier
- staat van staal en verpakking
- bemonsteringsplaats
- bemonsteringsdatum
- fotografische opname van het staal (in verpakking) voor de uitvoering van de analyse van het staal
- eventueel andere relevante items die blijken op moment van staalname.

Het bemonsteringsverslag is terug te vinden in bijlage 1B .

In Tabel 2 is er bijkomende info omtrent de verwerking van de geselecteerde stalen- de processing, verpakking, distributie en de rol van de verschillende bedrijven/fabrikanten.

*Tabel 2: Post-harvest Informatie voor de 18 zeezoutstalen.*

Code	Vermarkt door	Verpakt	Proces
Zeezout 1	Fabrikant	Karton	Industrieel
Zeezout 2	Fabrikant	Karton	Industrieel
Zeezout 3	Processor	Plastic	Industrieel
Zeezout 4	Fabrikant	Plastic	Traditioneel
Zeezout 5	Fabrikant	Plastic	Industrieel
Zeezout 6	Processor	Karton	Traditioneel
Zeezout 7	Processor	Plastic + karton	Traditioneel
Zeezout 8	Processor	Glazen molen	Industrieel
Zeezout 9	Processor	Plastic	Traditioneel

<b>Zeezout 10</b>	Fabrikant	Plastic + karton	Traditioneel
<b>Zeezout 11</b>	Processor	Plastic	Traditioneel, ongewassen, ongeraffineerd
<b>Zeezout 12</b>	Fabrikant	Plastic + karton	Traditioneel, gerookt met eik
<b>Zeezout 13</b>	Processor	Glazen molen	Industrieel
<b>Zeezout 14</b>	Processor	Glas + kurk	Traditioneel
<b>Zeezout 15</b>	Fabrikant	Plastic	Industrieel
<b>Zeezout 16</b>	Fabrikant	Plastic + Karton	Traditioneel
<b>Zeezout 17</b>	Fabrikant	Plastic + Karton	Traditioneel
<b>Zeezout 18</b>	Fabrikant	Glazen molen	Traditioneel

## Analysemethode

### Vorbereiding

Alle oplossingen en solventen (aceton, water, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub>) werden gefiltreerd voor gebruik om aanwezige microplastics te verwijderen. Het glaswerk werd gereinigd met aceton en water. Elk staal werd onderverdeeld in 3 substalen. Per substaal werd 100 g zeezout afgewogen in een glazen beker op de bovenweger. Deze beker werd ook voorzien van een glazen magneet. Voor de procedure blanco's werden lege bekers met magneet voorzien. Elke beker werd afgedekt met aluminium folie. Elke batch per zeezout staal bestond uit 3 substalen en 2-3 procedure blanco's. De analysemethode werd afgeleid van Devriese et al. (2015) en Yang et al. (2015).

### Extractie van microplastics met H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Aan elke beker werd 150 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oplossing (30%) toegevoegd. Daarna werd elke beker gedurende 15 min op een verwarmde (65°C) roerplaat gebracht. Na afkoeling werden de bekers gedurende 7 dagen in een trekkast geplaatst. Aan elke beker werd 200 ml water toegevoegd. Op een verwarmde (65°C) roerplaat werd het zout geroerd tot alle zout opgelost was. Dan werd de oplossing over een filter gebracht (poriegrootte 20 µm) en de beker werd nagespoeld met water. De trechter werd afgedekt

met een horlogeglas om contaminatie te vermijden. Na filtratie werd de filter in een glazen Petriplaat gebracht voor visuele inspectie.

### Kwantificatie van de microplastic concentratie

Microplastics werden gevisualiseerd met behulp van een stereomicroscoop (Leica M205, 33x). Geobserveerde microplastics werden ingedeeld per categorie (vezel, granule, film, sferule) en de aantallen werden genoteerd per categorie voor elk staal (inclusief procedure blanco's). Voor elke microplastic werd eveneens de lengte bepaald en de kleur genoteerd. Microplastics worden geverifieerd met de 'hot needle' test waarbij een hete naald in contact werd gebracht met het microplastic deeltje. Met deze techniek smelten de effectieve (micro)plastic deeltjes, en niet de inerte deeltjes en rubber deeltjes. Het polymeertype werd in deze studie niet bepaald.

### Kwaliteitscontrole

De nodige maatregelen werden genomen om contaminatie door microplastics uit de lucht te minimaliseren. Deze maatregelen zijn ontwikkeld in het kader van de Europese 7<sup>e</sup> Kaderprojecten 7KP-CleanSea, 7KP-EcSafeseafood en het Interreg 2 Zeeën project Micro, waarbij ILVO betrokken was als respectievelijk partner, werkpakketleider en coördinator. Het is een probleem dat vaak wordt onderschat, en dat in het verleden in de internationale wetenschappelijke literatuur aanleiding is geweest voor verkeerde observaties met overschatte microplastic contaminatie tot gevolg. ILVO heeft een werkprocedure ontwikkeld die deze luchtcontaminatie minimaliseert. Alle stalen werden geanalyseerd in triplo om een representatief resultaat te kunnen voorleggen. Voor elk staal werden minstens 2 procedure blanco's meegenomen.

### Dataverwerking

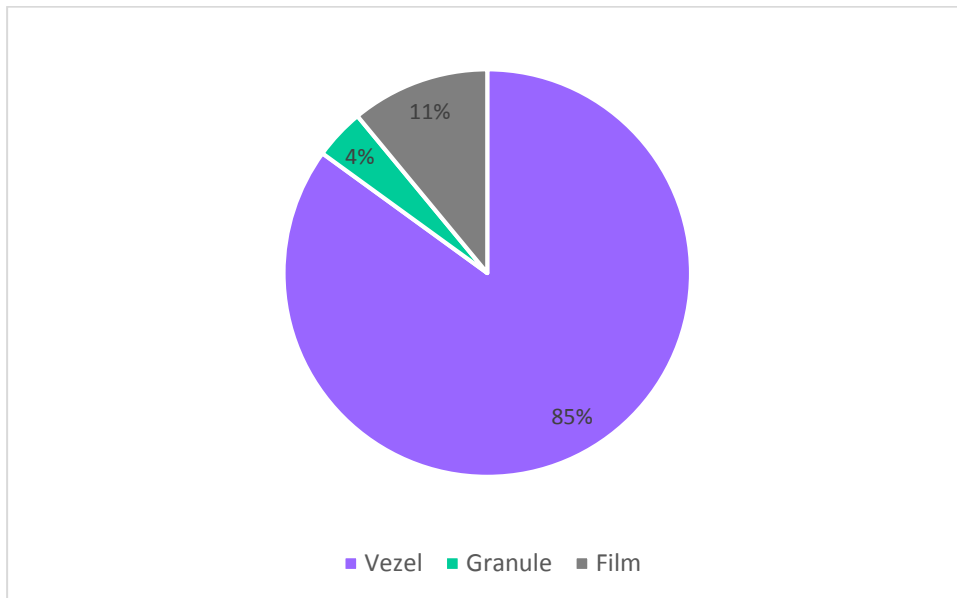
Alle waargenomen microplastics werden genoteerd per kleur en categorie voor elke batch zeezout (3 substalen en 3 blanco's). Voor de blanco stalen werd een gemiddelde berekend op basis van de resultaten van de 3 blanco's. Hierbij werden alle microplastics per kleur en categorie behouden. Dit gemiddelde werd afgetrokken van het aantal microplastics geobserveerd bij elk substaal, eveneens per kleur en categorie. Uiteindelijk werd het gemiddelde berekend (met standaard deviatie) voor de drie substalen en dit werd gerapporteerd zowel voor de totale microplastic contaminatie als per kleur en categorie.

## Concentratie van microplastics

### Microplastic per categorie

In overeenkomst met de microplastic vervuiling in het marien milieu, werden ook in de zeezouten voornamelijk plastic vezels waargenomen. 85% van de microplastics aangetroffen in de zeezouten

bestond uit vezels, 11% uit stukjes film en slechts 4% uit granules (Figuur 1). Sferules, mooie ronde partikels, werden niet aangetroffen in deze reeks zeezoutstalen. In Bijlage 2 worden foto's getoond van een representatieve selectie van geobserveerde microplastics.



*Figuur 1. Percentuele verhouding van de waargenomen vezels, granules en film, berekend over de 15 zeezout stalen.*

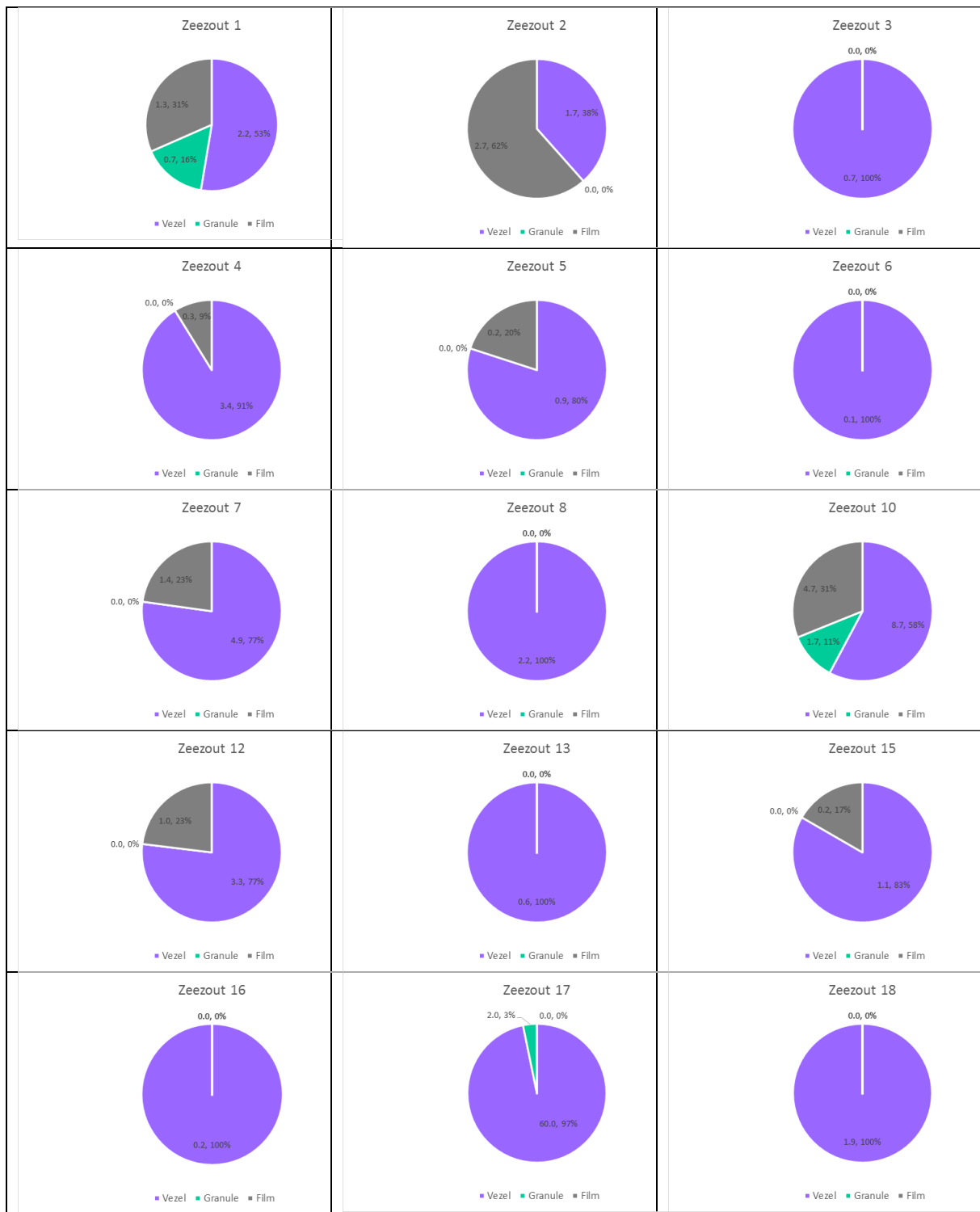
In alle zeezout stalen van deze studie werden microplastics gevonden. Tabel 3 toont het gemiddeld aantal vezels, granules en film per 100 g zout met standaard deviatie. Voor elke categorie wordt eveneens een lengte range gegeven. Hoewel in alle zeezouten synthetische vezels werden aangetroffen, werden slechts in 3 stalen granules gevonden (Tabel 3, Figuur 2). De stukjes plastic film werden in acht van de zeezouten geobserveerd. Figuur 2 geeft een visueel overzicht van de types microplastics per staal zeezout.



Tabel 3: Gemiddeld aantal vezels, granules en film per 100g zeezout met standaard deviatie per staal zeezout. Voor elk staal wordt per categorie een lengte klasse weergegeven (mm).

	Vezel						Granule						Film					
	blauw	rood	groen	bruin	zwart	transparant	blauw	rood	groen	bruin	zwart	transparant	blauw	rood	groen	bruin	zwart	transparant
<b>Zeezout 1</b>	0.6 ± 1.0	1.0 ± 1.0	0.7 ± 0.6	/	/	/	0.7 ± 1.2	/	/	/	/	/	1.3 ± 1.5	/	/	/	/	/
	0.34 – 2.1 mm						0.06 – 0.16 mm						0.05 – 0.26 mm					
<b>Zeezout 2</b>	0.3 ± 0.6	1.0 ± 0.0	/	0.3 ± 0.6	/	/	/	/	/	/	/	/	2.3 ± 2.5	0.3 ± 0.6	/	/	/	/
	0.11 – 6.7 mm						Nvt						0.06 – 0.31 mm					
<b>Zeezout 3</b>	/	/	0.7 ± 0.6	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	0.5 – 5.0 mm						Nvt						nvt					
<b>Zeezout 4</b>	1.0 ± 1.0	1.1 ± 1.0	1.0 ± 0.6	0.3 ± 0.6	/	/	/	/	/	/	/	/	0.3 ± 0.6	/	/	/	/	/
	0.08 – 4.2 mm						Nvt						0.21 mm					
<b>Zeezout 5</b>	/	/	0.6 ± 1.0	0.3 ± 0.6	/	/	/	/	/	/	/	/	0.2 ± 0.4	/	/	/	/	/
	0.15 – 1.06 mm						Nvt						0.15 mm					
<b>Zeezout 6</b>	/	/	0.1 ± 0.2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	6.5 mm						Nvt						nvt					
<b>Zeezout 7</b>	2.7 ± 1.2	0.4 ± 0.8	0.6 ± 1.0	0.2 ± 0.4	1.0 ± 1.7	/	/	/	/	/	/	/	0.4 ± 0.4	/	/	1.0 ± 1.0	/	/
	0.14 – 3.55						Nvt						0.15 – 0.65 mm					
<b>Zeezout 8</b>	2.0 ± 1.7	/	0.2 ± 0.4	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	0.7 – 2.65 mm						Nvt						nvt					
<b>Zeezout 10</b>	3.7 ± 2.1	2.7 ± 2.5	2.0 ± 1.0	/	/	0.3 ± 0.6	1.7 ± 0.6	/	/	/	/	/	0.3 ± 0.6	4.3 ± 3.5	/	/	/	/
	0.25 - 6.0 mm						0.05 – 0.1 mm						0.11 – 0.45 mm					

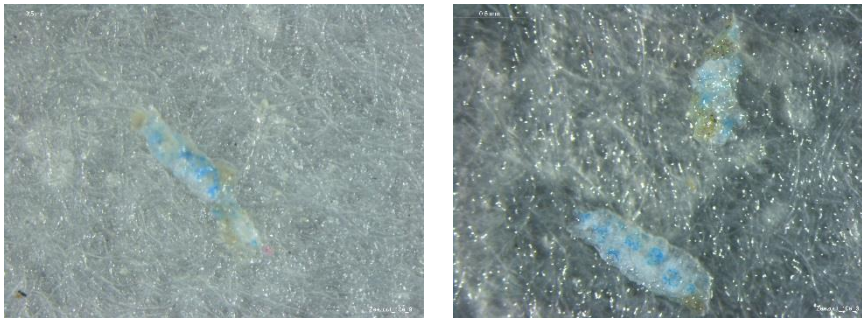
	Vezel						Granule						Film					
<b>Zeezout 12</b>	2.3 ± 2.3	/	0.3 ± 0.6	/	0.7 ± 1.2	/	/	/	/	/	/	/	0.3 ± 0.6	0.7 ± 0.6	/	/	/	/
	0.4 – 4.9 mm						Nvt						0.36 – 0.82 mm					
<b>Zeezout 13</b>	0.2 ± 0.2	/	0.3 ± 0.6	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	0.7 – 1.2						Nvt						nvt					
<b>Zeezout 15</b>	0.7 ± 0.6	/	0.4 ± 0.8	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0.2 ± 0.4	/	/	/	/	/
	0.36 – 5.20 mm						Nvt						0.05 mm					
<b>Zeezout 16</b>	0.2 ± 0.4	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	0.22 mm						Nvt						nvt					
<b>Zeezout 17</b>	31.0 ± 11.2	6.7 ± 5.3	11.7 ± 2.9	2.0 ± 0.0	6.0 ± 5.0	2.7 ± 2.1	1.3 ± 1.5	/	0.7 ± 0.6	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	0.06 – 3.60 mm						0.05 – 0.09						nvt					
<b>Zeezout 18</b>	1.1 ± 1.4	/	/	/	0.8 ± 0.8	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	0.10 – 1.43 mm						Nvt						nvt					



Figuur 2. Gemiddeld aantal vezels, granules en film per 100 g zeezout staal, inclusief percentuele verhouding.

### Afwijkende observaties

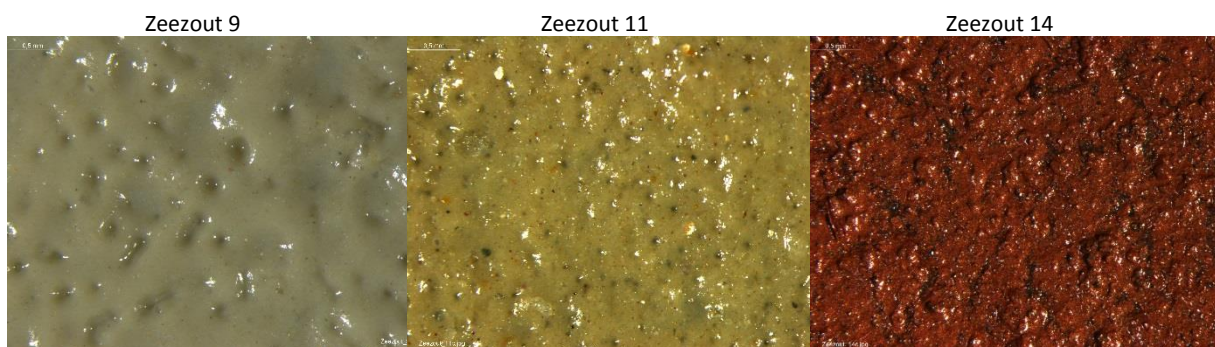
Bij een aantal zeezout stalen werden 'afwijkende' observaties gedaan. Dit betreft aanwezige partikels die geen plastic zijn (of mogelijks rubber). In het staal Zeezout 10 werden 3 partikels aangetroffen die niet als plastic geïdentificeerd konden worden met de 'hot needle' techniek (Figuur 3). Deze partikels kunnen enkel verder geïdentificeerd worden met gespecialiseerde karakterisatietechnieken (FT-IR, Raman,...).



Figuur 3. Foto's van geobserveerde micropartikels in het staal Zeezout 10.

### Analyse van gekleurde zeezout stalen (grijze en rode zeezoutstalen)

Zeezout 9, 11 en 14 zijn gekleurde zouten. De kleur ontstaat ten gevolge van meenemen van grijze (9, 11) of rode (14) kleideeltjes tijdens het oogsten van zout. De aanwezigheid van klei in het staal, interfereerde met de microplastics analyse, waardoor geen microplastic analyse kon worden gedaan. Figuur 4 toont foto's van het precipitaat op de filter voor de drie zeezout stalen. De huidige methodiek laat niet toe om deze stalen te analyseren.



Figuur 4. Foto's van het restant op de filter na extractie voor de zeezouten behandeld met klei (Zeezout 9, 11 en 14).

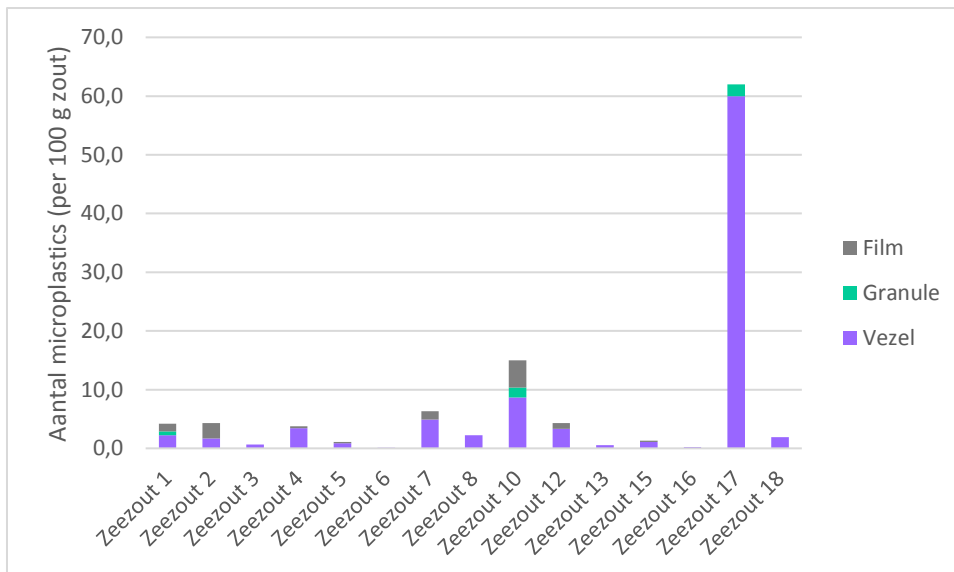
Voor de drie zeezouten werd een extra test uitgevoerd. Hiervoor werd 25 g zeezout opgelost in water. Deze zoutoplossing werd dan over een filter gebracht. Na drogen werd de massa van het precipitaat bepaald. Voor de grijze zeezouten werd een gemiddeld % residu bepaald van  $2.6 \pm 0.1$  voor Zeezout 9 en  $2.5 \pm 0.1$  voor Zeezout 11. Voor het rode zeezout (Zeezout 14) werd een residu van  $1.5 \pm 0.1$  % bepaald.

## Overzicht microplastic contaminatie

Om de verschillende zeezout stalen onderling te kunnen vergelijken, wordt in Tabel 4 het gemiddeld aantal microplastics per 100g zeezout en de range geobserveerde microplastics per kg zeezout weergegeven. Het aantal microplastics per kg zeezout varieert van 0.0 tot 805.2 (Tabel 4). De hoogste microplastic vervuiling werd waargenomen in het staal Zeezout 17 ( $62.0 \pm 18.5$  microplastics per 100 g zout), gevolgd door Zeezout 10 ( $15.0 \pm 3.0$  microplastics per 100 g zout). In het algemeen worden de hoogste levels terug gevonden bij de traditionele zeezouten (bv. Zeezout 7, Zeezout 10, Zeezout 17) hoewel sommige van deze traditionele zeezouten heel weinig microplastics (bv. Zeezout 16) bevatten. Figuur 5 geeft een overzicht van de gemiddelde microplastic contaminatie in de verschillende zeezout stalen. De geobserveerde microplastics hebben een grootte tussen de 0.05 mm (ondergrens voor visualisatie) en 6.7 mm.

Tabel 4: Gemiddeld aantal microplastics, range en lengte klasse voor de verschillende zoutstalen.

	Microplastics (aantal per 100g)	Range microplastics (aantal per kg)	Lengte klasse (mm)
Zeezout 1	$4.2 \pm 0.7$	35.3 – 49.2	0.05 – 2.1
Zeezout 2	$4.3 \pm 2.3$	20.2 – 66.4	0.06 – 6.7
Zeezout 3	$0.7 \pm 0.6$	0.9 – 12.4	0.5 – 5.0
Zeezout 4	$3.8 \pm 2.4$	14.1 – 61.4	0.08 – 4.2
Zeezout 5	$1.1 \pm 1.2$	0.0 – 22.8	0.15 – 1.06
Zeezout 6	$0.1 \pm 0.2$	0.0 – 3.0	6.5
Zeezout 7	$6.3 \pm 2.6$	37.3 – 89.4	0.14 – 3.55
Zeezout 8	$2.2 \pm 2.0$	2.7 – 41.8	0.7 – 2.65
Zeezout 10	$15.0 \pm 3.0$	120.0 – 180.0	0.05 – 6.0
Zeezout 12	$4.3 \pm 1.5$	28.1 – 58.6	0.36 – 4.9
Zeezout 13	$0.6 \pm 0.7$	0.0 – 12.5	0.7 – 1.2
Zeezout 15	$1.3 \pm 1.5$	0.0 – 28.6	0.05 – 5.20
Zeezout 16	$0.2 \pm 0.4$	0.0 – 6.1	0.22
Zeezout 17	$62.0 \pm 18.5$	434.8 – 805.2	0.05 – 3.60
Zeezout 18	$1.9 \pm 1.1$	8.2 – 29.6	0.10 – 1.43



Figuur 5: Overzicht van de gemiddelde microplastic contaminatie in de 15 onderzochte zeezout stalen (per 100 g zout).

Gezien het klein aantal stalen, en bijgevolg ook de zeer kleine subgroepen, blijft de relatie tussen deze subgroepen en de microplastics aantallen speculatief. Hieronder een tabel met een aantal opvallende waarnemingen/trends.

Tabel 5: Waarnemingen gemiddeld aantal microplastics per 100g in functie van productieproces type, verpakking, grofheid, leverancier.

Proces	Gemiddeld aantal (per 100g)	Idem zonder zeezout 17
Industrieel	1.8	1.8
Traditioneel	13.4	5.3

Grofheid	Gemiddeld aantal (per 100g)	Idem zonder zeezout 17
Fijn zeezout	4.2	4.2
Grof zeezout	2.2	2.2
Vlokken	20.4	6.5

Verpakking	Gemiddeld aantal (per 100g)	
	Traditioneel proces (zonder Zeezout 17)	Industrieel proces
Gemiddeld	5.3	1.8
Glazen molen	1.9	1.4
Karton	0	2.9
Plastic	5.9	<b>1.0</b>

Leverancier	Gemiddeld aantal (per 100g)	
	Traditioneel proces	Industrieel proces
Gemiddeld	13.4	1.8
Fabrikant	13.4	2.7
Processor	0	0.9

Het overzicht van de observaties samen met de productinformatie is samengebracht in Bijlage 3.

### Correlatie tussen zware metalen en microplastics

Een uitvoerige analyse van zware metalen voor de verschillende zeezout stalen is uitgevoerd door UGent (Lot2 van dit bestek). Voor detailresultaten wordt naar dit rapport verwezen.

De niveaus van de verschillende zware metalen tonen – op deze beperkte staalname – geen trend wat betreft de verschillende metalen voor type of origine. Van de gekleurde zouten, waarvoor er geen microplastics analyse kon gebeuren, is het wel opmerkelijk dat de arseenconcentratie hier het hoogst is.

Tabel 6: Gemiddelde\* Cd, Hg, Pb, As en Br (resultaten UGent) en microplastics.

Element	Cd	Hg	Pb	As	Br	Microplastics
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	deeltjes per 100g
Zeezout 3	<DL	<DL	<DL	<DL	144	0.7 ± 0.6
Zeezout 4	<DL	<DL	0.14	<DL	425	3.8 ± 2.4
Zeezout 5	<DL	<DL	0.04	0.019	144	1.1 ± 1.2
Zeezout 6	<DL	<DL	0.04	0.022	140	0.1 ± 0.2
Zeezout 15	<DL	<DL	0.04	0.024	108	1.3 ± 1.5
Zeezout 13	<DL	<DL	<DL	0.026	135	0.6 ± 0.7
Zeezout 8	<DL	<DL	0.04	0.028	141	2.2 ± 2.0
Zeezout 10	<DL	<DL	<DL	0.031	245	15.0 ± 3.0
Zeezout 7	<DL	<DL	0.45	0.033	304	6.3 ± 2.6
Zeezout 12	0.010	<DL	0.19	0.034	70	4.3 ± 1.5
Zeezout 2	<DL	<DL	0.13	0.035	115	4.3 ± 2.3
Zeezout 1	<DL	0.004	0.07	0.040	110	4.2 ± 0.7
Zeezout 14	<DL	<DL	<DL	0.054	118	/
Zeezout 9	<DL	<DL	0.48	0.064	228	/
Zeezout 11	<DL	<DL	0.52	0.093	229	/

\* Tabel gesorteerd op stijgende concentratie van As.

## Discussie

### Dagelijkse hoeveelheid

Voor volwassenen geldt het advies om zoutinname te beperken tot maximaal 5-6 g per dag. Voor een persoon die enkel op industriële wijze geoogst en gewassen zeezout consumeert, met een dagelijkse inname van 5 g zout, zou dit een dagelijkse inname van maximaal 0.33 microplastics en een jaarlijkse inname van maximaal 120 microplastics betekenen (uitgaande van maximaal 66 microplastics in kg zout). Bij dagelijkse consumptie van 5 g traditioneel zeezout, loopt dit op tot een dagelijkse inname van maximaal 4 microplastics en een jaarlijkse inname van maximaal 1470 microplastics (uitgaande van maximaal 806 microplastics in kg zout). Dit is in het geval een consument enkel zeezout zou gebruiken voor zijn zoutbehoefte.

Gegevens van het FAVV omtrent zoutinname en structuur van zoutconsumptie in België (FAVV, 2013) geven een genuanceerd beeld van de zoutinname van de Belgische consument. De gemiddelde inname van volwassen in België bedraagt ongeveer 11g per dag. Industrieel bereide en huisbereide producten nemen respectievelijk 75% en 25% voor hun rekening. 'Industrieel' zeezout maakt 35% uit van de voedingszouten (Roskill, 2017), terwijl traditioneel zout enkel bij huisbereide maaltijden wordt gebruikt (met eventuele uitzondering van bio-producten die we hier buiten beschouwing laten). Als we hierbij 2 (extreme) scenario's volgen, dan kunnen we hierbij ook de maximale inname bereken voor de 2 extreme groepen.

*Scenario 1:* de persoon gebruikt voor eigen bereidingen altijd industrieel zeezout. Dit leidt tot een maximale inname van 0.25 microplastics per dag of 92 microplastics per jaar.

*Scenario 2:* de persoon gebruikt voor eigen bereidingen altijd traditioneel zeezout. Dit leidt tot een maximale inname van 2.40 microplastics per dag of 875 microplastics per jaar.

Momenteel bestaan er nog geen voedingsnormen voor microplastics in voedingswaren, en is er een hiaat in onze kennis omtrent hoeveelheden plastic deeltjes in voedingsmiddelen en hun mogelijke effecten (EFSA, 2016). Hoewel er al enkele studies duiden op nadelige effecten van microplastic kleiner dan 10  $\mu\text{m}$  (GESAMP, 2015), is het nog niet geweten welke impact de opname van microplastics op onze gezondheid heeft. De bestaande studies tonen aan dat zeer kleine microplastics door bijvoorbeeld de celmembranen en placenta raken (GESAMP, 2015). In een recent advies van de Nederlandse Gezondheidsraad werd beslist om nog geen concrete aanbevelingen te doen, gezien het groot aantal onzekerheden en onduidelijkheden (Briefadvies Gezondheidsrisico's van microplastics in het milieu, december 2016).



## Productieproces

De aanwezigheid van microplastics in zeezout kan zijn oorsprong hebben in de vervuiling van het zeewater zoals gerapporteerd door een groep van Chinese onderzoekers (Yang et al, 2015), maar ook in de vervuiling tijdens het productieproces en de verdere processing (transport, tussenopslag, verpakking, herverpakking).

### - Procesinformatie

Tijdens het uitvoeren van deze studie waren er besprekingen met de vertegenwoordigers van de zoutindustrie in Europa. Uit deze besprekingen is gebleken dat sommige zeezoutfabrikanten zich al bewust zijn van de problematiek van microplastics en reeds stappen hebben ondernomen om er zicht op te krijgen, door een selectie van de eigen productie (en tussenproductie) te laten analyseren op microplastic. Volgens de sector is de manier waarop het zeezout geoogst, gewassen en verwerkt wordt, bepalend voor de aanwezigheid van microplastics.

Daarom werd in het kader van dit project getracht om verder inzicht te krijgen door de verschillende zoutbedrijven, leveranciers van de geanalyseerde zouten te bevragen. Een andere reden was de overweging dat bepaalde processingstappen mogelijk tot een verhoogde zuiverheid of vervuiling leiden, en dit een onderdeel kan zijn van een aanbeveling. Bijlage 4 bevat de ontvangen proces informatie voor industrieel geproduceerd zeezout.

### - Winning van zeezout

Zeezout wordt gewonnen door zeewater (of zout water van zoutmeren) in te dampen. Zeewater wordt langzaam door een reeks van zoutbekkens geleid waarbij door verdamping van het water de concentratie van het zout in het water stijgt. Als de oplossing verzadigd is, ontstaat er een zoutneerslag die kan worden verzameld. Het oogsten van de zoutneerslag gebeurt handmatig of met behulp van machines. Het ontginningsproces proces met machines wordt in deze studie industrieel genoemd. Ambachtelijke, traditionele zouten (handmatig geoogst, op een traditionele manier) worden traditioneel genoemd.

In tegenstelling tot de gewone zoutkristallen die een neerslag op de bodem vormen, vindt de winning van *Fleur de sel*, een speciaal soort zeezout met een fijne kristalstructuur, aan de oppervlakte van zoutbekkens plaats. Dit soort zout wordt altijd handmatig en in veel kleinere hoeveelheden geoogst. Winning en verwerking van traditionele zouten is niet gestandaardiseerd en kan sterk verschillen naargelang van de producenten. Sommige traditionele zouten worden gewonnen uit dezelfde zoutpannen als de industriële zouten. Andere fabrikanten maken gebruik van het vers zeewater dat wordt ingekookt tot er zich kristallen vormen.

Indien het zeewater microplastics bevat, kunnen deze microplastics in de zoutbekkens naar beneden zakken (deeltjes die zwaarder zijn dan zeewater) en zo gescheiden worden van het zeewater. Lichte deeltjes blijven meedrijven tot aan de kristallisatiebekkens. Drijvende deeltjes kunnen in de kristallisatiebekkens mee worden geoogst met zout, bij het schrapen van de vochtige zoutneerslag. Bij oppervlakkig gevormde zoutkristallen (*Fleur de sel*) bestaat de kans dat drijvende deeltjes zich integreren in de zoutkristallen. Ook zwaardere deeltjes kunnen terecht komen in het ruwe zout (o.a. deeltjes afkomstig van drijvende voorwerpen zoals PET flessen als die fragmenteren in zoutbekkens). Microplastic deeltjes in het ruwe zout kunnen ook afkomstig zijn van de kledij, het gebruikte materieel en de machines.

- Schoonmaken van zeezout en verdere processing

Bij een gemechaniseerde winning van zeezout (industriële proces) wordt zeezout na het oogsten schoongemaakt met pekkel (een geconcentreerde zoutoplossing). Na het wassen wordt het ruwe zeezout ontwaterd, gemalen, gedroogd, gezeefd, gesorteerd naar grootte en ingepakt (zie Bijlage 4 voor verdere informatie). De lage hoeveelheden van microplastics in het industrieel geproduceerd zeezout die in deze studie werden vastgesteld, zijn mogelijk het resultaat van het zorgvuldig schoonmaken van zeezout na het oogsten. De gegevens van de sector suggereren ook dat er tijdens het verpakkingsproces van het eindproduct een nieuwe, alhoewel beperkte, microplastic contaminatie kan optreden. Op deze manier kan de hoeveelheid van microplastics in het verpakt eindproduct groter worden dan in het nog niet verpakte eindproduct. Dit kan ook de lichte microplastic contaminatie uitleggen van producten die geen verband hebben met zeewater: andere soorten zout, zoals vacuüm- en steenzout (Yang et al., 2015), suiker (informele mededeling van de sector), honing en bier (EFSA CONTAM Panel, 2016).

Aangezien de traditionele zouten niet gewassen worden met pekkel, worden de microplastics (en eventueel ander drijvend materiaal) niet verwijderd en kan men hier grotere hoeveelheden van microplastics verwachten. De vergelijking tussen traditionele en industriële zeezouten (tabel 5) en tussen industrieel (Zeezout 1,2, 15) en traditioneel zeezout (Zeezout 10), gewonnen uit dezelfde zoutbekken (zie Bijlage 3), bevestigen deze veronderstelling.

- Oorsprong van aanwezige microplastics

Een meer uitgebreide studie is nodig om de oorsprong van de aanwezige microplastics te achterhalen. Hiervoor moet het gebied van ontginning onderzocht worden, bijvoorbeeld door het aantal microplastics deeltjes in sediment en zeewater te evalueren. Bovendien moeten dan ook stalen zeezout onderzocht worden bij elke kritische stap in het productieproces, van het ruwe zeezout tot het verpakt product.

In deze studie werden enkel verpakte zeezouten geëvalueerd waarbij de aanwezigheid van microplastics door beide factoren (grondstoffen en productie) veroorzaakt kon worden, waardoor het niet mogelijk was om de precieze oorsprong van de plastic vervuiling te achterhalen. Vergelijking van resultaten volgens het verpakkingsproces (zie Tabel 5) of de betrokkenheid van een processor (in feite een “herverpakker”) heeft de hypothese niet bevestigd dat de waargenomen microplasticsvervuiling tijdens de laatste productiestap (verpakking) is ontstaan.

De zeezouten van deze studie werden verpakt in karton, plastic of glas. Voor de zeezouten verpakt in plastic, worden de laagste concentraties microplastics gevonden bij de industriële zouten. De zeezouten met de tussenkomst van een processor vertonen ook geen verhoogde hoeveelheid van microplastics.

### Plastic vervuiling in het gebied van ontginning

Recent zijn er een groot aantal waarnemingen gerapporteerd omtrent microplastics in verschillende zeeën en Oceanen. Omwille van het gebrek aan standaardisatie bij de staalname is het moeilijk om deze waarnemingen te vergelijken. In onderstaande tabel is een aantal vergelijkbare observaties weergegeven, geselecteerd op basis van hun relevantie voor de geselecteerde zouten en in recent gepubliceerde literatuur.

Tabel 7A: Waarnemingen per m<sup>3</sup> water. Staalname van de waterkolom.

Zee/Oceaan	Concentratie	Referentie
Noordzee	0.04-0.05 vezels/m <sup>3</sup>	Thompson, 2004
Noord Atlantische Oceaan	0.01-0.32 cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	Frias, 2014
Middellandse Zee	0.13-0.94 deeltjes/m <sup>3</sup>	Fossi, 2012

Tabel 7B: Waarnemingen per m<sup>2</sup> water. Staalname van het wateroppervlak.

Zee/Oceaan	Concentratie	Referentie
Middellandse zee	0,116 deeltjes/m <sup>2</sup>	Collignon, 2012
Noordelijke Pacific (Oostelijk)	0.15 deeltjes/m <sup>2</sup>	Law, 2014
Noordelijke Pacific (Westelijk)	0.17 deeltjes/m <sup>2</sup>	Yamashita, 2007
Australië	0.004256 deeltjes/m <sup>2</sup>	Reisser, 2014

Uit deze waarnemingen blijkt dat de Middellandse zee het sterkst vervuild is. Dit is relevant voor de zeezoutstalen 1,2,10,15,17,18. De Australische wateren blijken een zeer lage concentratie aan deeltjes/partikels te bevatten.

## Besluit

Microplastic contaminatie werd aangetroffen in alle zeezout stalen van deze studie. Het waargenomen aantal microplastics varieert zeer sterk, tussen de 0 en 66 microplastics per kg zeezout in op industriële wijze geogst en gewassen zeezouten en tussen de 0 en 805 microplastics per kg in traditionele zeezouten. Deze contaminatie komt overeen met een jaarlijkse inname van 0-120 microplastics voor industrieel geproduceerde zeezout of 0-1470 microplastics voor traditionele zeezouten, indien het advies voor zoutopname wordt gerespecteerd. Dit is in het geval een consument enkel zeezout zou gebruiken voor al zijn zoutbehoefte.

Rekening houdend met de structuur van de zoutconsumptie in België is er voor een consument die voor eigen bereidingen enkel industrieel zeezout gebruikt 92 microplastics per jaar, terwijl dit voor een consument die hiervoor enkel traditioneel zeezout gebruikt, oploopt tot 875 microplastics per jaar.

Momenteel is er nog geen voedingsnorm voor microplastics. Deze problematiek moet ook worden benaderd vanuit het perspectief van een volledige voedingsbasket, waarbij opname van microplastics kan gebeuren via meerdere voedingsproducten (zeezout, vis, schaaldieren, honing...). In een recent advies van de Nederlandse Gezondheidsraad werd beslist om voorlopig nog geen concrete aanbevelingen te doen, gezien het groot aantal onzekerheden en onduidelijkheden (Briefadvies Gezondheidsrisico's van microplastics in het milieu, 2016). Momenteel is het EFSA ook bezig met een evaluatie van de microplastics problematiek.

## Referenties

Briefadvies Gezondheidsrisico's van microplastics in het milieu, december 2016, [https://www.gezondheidsraad.nl/sites/default/files/201617\\_briefadvies\\_microplastics\\_0.pdf](https://www.gezondheidsraad.nl/sites/default/files/201617_briefadvies_microplastics_0.pdf)

Collignon, A., Hecq, J.H., Galgani, F., Collard, F. Goffart, A., 2014. Annual variation in neustonic micro- and mesoplastic particles and zooplankton in the Bay of Calvi (Mediterranean-Corsica). Mar. Pollut. Bull. 79, 293-298.

Devriese, L.I., van der Meulen, M.D., Maes, T., Bekaert, K., Paul-Pont I., Frère, L., Robbens, J., Vethaak, A.D. 2015. Microplastic contamination in brown shrimp (*Crangon crangon*, Linnaeus 1758) from coastal waters of the Southern North Sea and Channel area. Mar. Pollut. Bull. 98, 179–187.

EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain). 2016. Statement on the presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. EFSA Journal 14, 4501.

FAVV, De ongezoeten waarheid. 2013. [www.afsca.be/onzevoeding/mineralen/zout/](http://www.afsca.be/onzevoeding/mineralen/zout/)

Fossi, M., Panti, C., Coppola, D., Matteo, M., Marsili, L., Minutoli, R., Guerranti, C., 2012. Are baleen whales exposed to the threat of microplastics? A case study of the Mediterranean fin whale. *Mar. Poll. Bull.* 64, 2374-2379.

Frias, J., Otero, V., Sobral, P. 2014. Evidence of microplastics in samples of zooplankton from Portuguese coastal waters. *Marine Environmental Research* 95, 89-95.

GESAMP. 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. *Reports and Studies* 90, 96.

Reisser, J., Shaw, J., Hallegraeff, G., Proietti, M., Barnes, D., Thums, M., Wilcox, C., Hardesty, B., Pattiaratchi, C. 2014. Millimeter-sized Marine Plastics/ An new pelagic Habitat for Microorganisms and invertebrates. *PLoS ONE* 9, 100289.

Roskill report. Salt: Global Industry, Markets & Outlook, 2017. ISBN: 978 1 910922 16 3.

Thompson, R., Olsen, Y., Mitchell, R., Davis, A., Rowland, S., John, A., McGonigle, D., Russell, A. 2004. Lost at sea: where is all the plastic? *Science* 304, 838-838.

Yamashita, I., Takada, H., Fukuwaka, M., Watanuki, Y. 2011. Physical and chemical effects of ingested plastic debris on short-tailed shearwaters, *Puffinus tenuirostris*, in the North Pacific Ocean. *Mar. Poll. Bull.* 54, 485-488.

Yang, D., Shi, H., Li L., Li, J., Jabeen, K., Kolandhasamy, P. 2015. Microplastic Pollution in Table Salts from China. *Environ. Sci. Technol.* 49, 13622–13627.

## Bijlagen

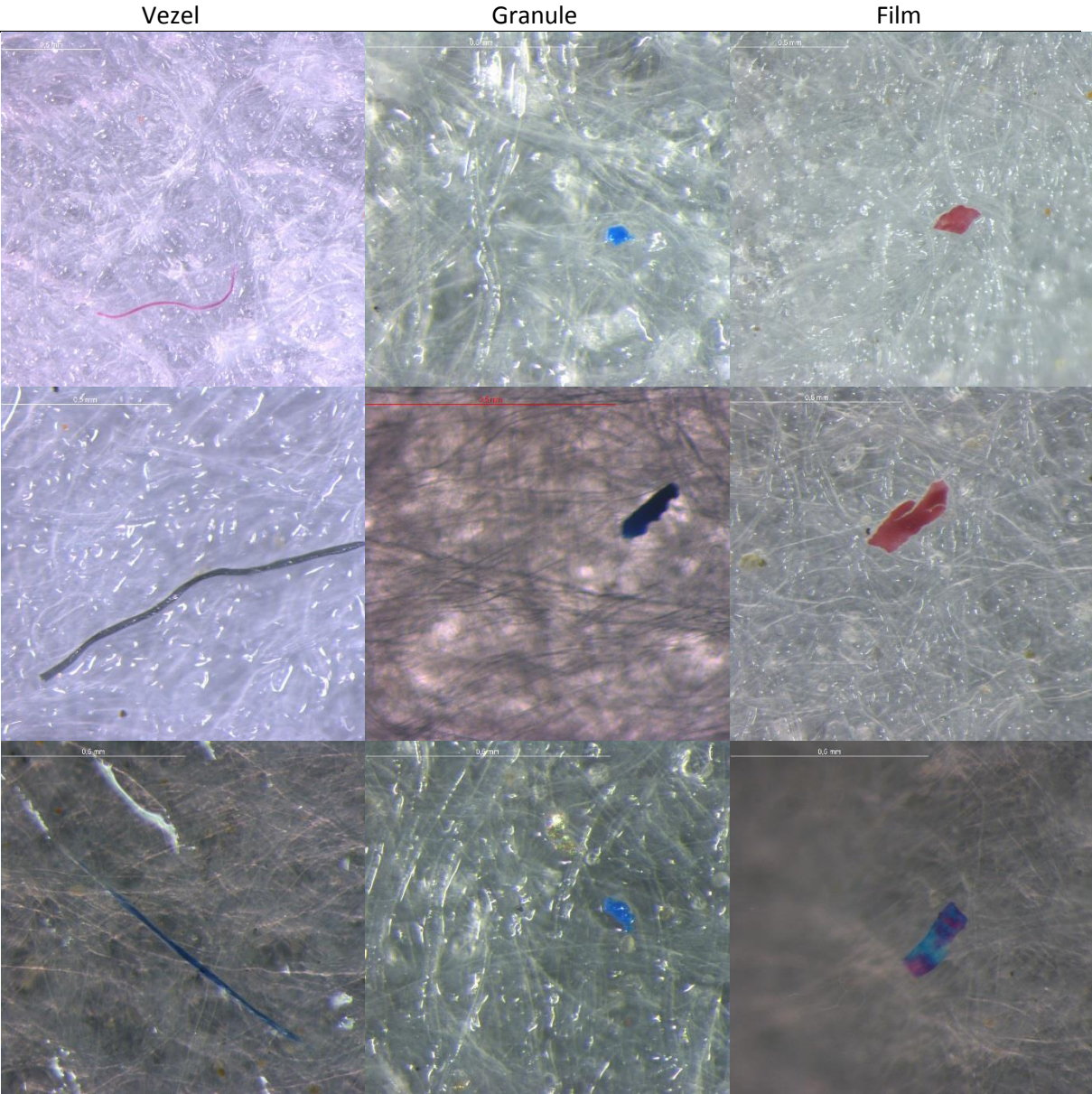
*Bijlage 1 A: Informatie over de aangekochte zeezout stalen.*

Deze bijlage is niet inbegrepen in de publieke versie van het verslag.

*Bijlage 1 B: Bemonsteringsverslag.*

Deze bijlage is niet inbegrepen in de publieke versie van het verslag.

Bijlage 2: Foto's van microplastics waargenomen in zeezout stalen.





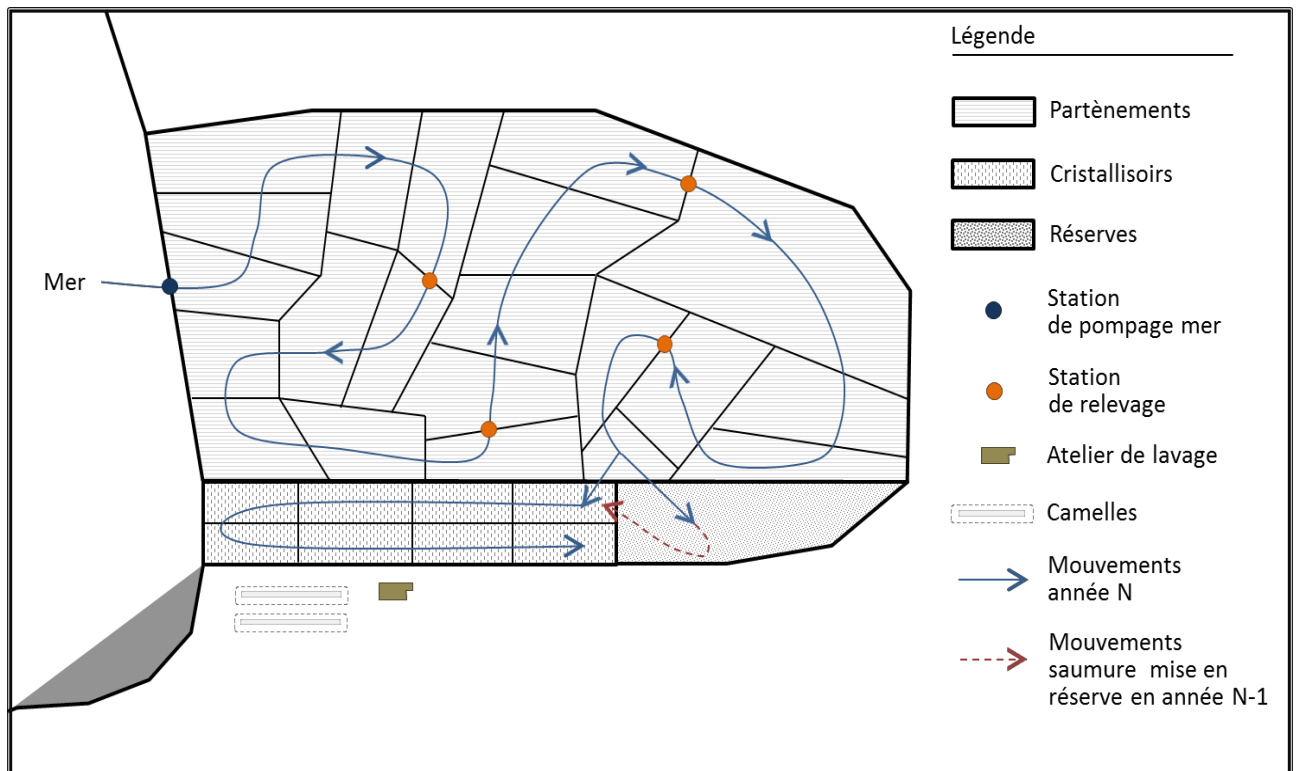
Bijlage 3 : Overzicht van observaties en van de productinformatie.

Naam	Gemiddeld aantal microplastics (per 100g)	Range microplastics (aantal per kg)	Vermarkt door	Verpakt	Type	Origine	Proces
Zeezout 1	4,2	35.3 – 49.2	Fabrikant	Karton	Fijn	Middellandse Zee	Industrieel
Zeezout 2	4,3	20.2 – 66.4	Fabrikant	Karton	Grof	Middellandse Zee	Industrieel
Zeezout 3	0,7	0.9 – 12.4	Processor	Plastic	Grof	Caraïbische Zee en Stille Oceaan	Industrieel
Zeezout 4	3,8	14.1 – 61.4	Fabrikant	Plastic	Grof	Atlantische kust	Traditioneel
Zeezout 5	1,1	0.0 – 22.8	Fabrikant	Plastic	Grof	Caraïbische Zee en Stille Oceaan	Industrieel
Zeezout 6	0,1	0.0 – 3.0	Processor	Karton	Grof	Caraïbische Zee en Stille Oceaan	Industrieel
Zeezout 7	6,3	37.3 – 89.4	Fabrikant	Plastic + karton	Grof	Atlantische kust	Traditioneel
Zeezout 8	2,2	2.7 – 41.8	Processor	Glazen molen	Grof	Caraïbische Zee en Stille Oceaan	Industrieel
Zeezout 10	15	120.0 – 180.0	Fabrikant	Plastic + karton	Vlokken	Middellandse Zee	Traditioneel
Zeezout 12	4,3	28.1 – 58.6	Fabrikant	Plastic + karton	Vlokken	Noordzee	Traditioneel
Zeezout 13	0,6	0.0 – 12.5	Processor	Glazen molen	Grof	Caraïbische Zee en Stille Oceaan	Industrieel
Zeezout 15	1,3	0.0 – 28.6	Fabrikant	Plastic	Grof	Middellandse Zee	Industrieel
Zeezout 16	0,2	0.0 – 6.1	Fabrikant	Plastic + karton	Vlokken	Noordzee	Traditioneel
Zeezout 17	62	434.8 – 805.2	Fabrikant	Plastic + karton	Vlokken	Middellandse Zee	Traditioneel
Zeezout 18	1,9	8.2 – 29.6	Fabrikant	Glazen molen	Grof	Middellandse Zee	Traditioneel

## PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT D'UN SALIN

Bron : zoutfabrikant uit Frankrijk

### 1. Schéma et le plan du salin



### 2. Description du fonctionnement d'un salin

La production salinière s'effectue en 2 étapes principales :

- la concentration progressive de l'eau de mer par évaporation naturelle de l'eau dans des étangs successifs jusqu'à atteindre la saturation en chlorure de sodium (NaCl). Les étangs utilisés sont appelés « surfaces préparatoires » ou « partènements ».
- la précipitation (ou cristallisation) du chlorure de sodium dans des bassins dédiés appelés « cristallisoirs »

#### La concentration de l'eau de mer sur les partènements

L'eau de mer entre sur le salin grâce à un système de pompage. La première étape consiste à faire circuler lentement cette eau de mer dans des bassins selon un circuit bien déterminé (un circuit sinueux) afin de maximiser l'évaporation naturelle. Ce circuit a été défini par les sauniers et nécessite un véritable savoir-faire : le circuit peut en effet être constitué de plusieurs dizaines de bassins différents (plus de 80) et couvrir plusieurs milliers d'hectares.

Pour permettre à l'eau de passer d'un bassin à l'autre, 2 techniques sont utilisées :

- dès que cela est possible, l'eau passe par un mouvement gravitaire : le bassin aval est maintenu à une cote inférieure au bassin amont permettant ainsi l'écoulement naturel du flux. La régulation du flux entre les bassins est effectuée grâce à l'utilisation d'un ouvrage dédié (une porte martelière par exemple)
- lorsqu'un point bas est atteint, il n'est plus possible d'effectuer un mouvement gravitaire. Un relevage des eaux est alors nécessaire et effectué par un système de relevage.

Tout au long du parcours des eaux, il est critique de s'assurer de la bonne montée en concentration des eaux pour être sûr de disposer de saumure saturée pour alimenter les cristallisoirs. Pour ce faire, les sauniers ont défini des densités et des cotes à respecter pour chacun des bassins. Tout au long de la période de production, ils réalisent donc des relevés de densités et de cotes des bassins : dès qu'un écart est constaté par rapport aux valeurs de références, des mesures sont prises pour le corriger (par exemple, si un bassin a une cote insuffisante, l'ouverture de l'ouvrage qui l'alimente est augmentée).

L'ensemble de ces actions – ouverture/fermeture d'ouvrages, déclenchement/arrêt pompes, mesures de densités/de niveaux... - est appelé « mouvements de eaux ».

L'eau de mer se concentre donc sur les partènements pour atteindre la saturation en chlorure de sodium (à 260 g/l). Au cours de ce processus, la densité de la saumure va passer d'environ 1,026 à une densité de 1,216 à l'entrée des cristallisoirs. Il y a donc sur les partènements un gradient de densités très progressif (puisque cette progression se fait sur plusieurs dizaines de bassins successifs). Par ailleurs, au cours de ce processus, des sels autres que le NaCl précipitent : par exemple du gypse à partir d'une densité de 1,10.

#### La précipitation du sel sur les cristallisoirs

Une fois la saumure arrivée à saturation, elle est transférée vers les cristallisoirs. Les cristallisoirs sont des bassins plus petits dans lesquels le sel va se déposer, toujours sous l'effet de l'évaporation naturelle de l'eau contenue dans la saumure. Il se forme alors au fond des cristallisoirs un dépôt de sel dur appelé « gâteau ».

Le processus de précipitation demande aussi un suivi particulier. La concentration des saumures envoyées sur les tables est contrôlée par les sauniers à l'aide d'un densimètre, afin d'être sûr qu'elle soit très proche de la saturation. En outre, l'eau de mer contient d'autres composés chimiques que le sel NaCl. Une fois la saturation en NaCl atteinte par la saumure, la concentration en NaCl de celle-ci commence à diminuer alors que la concentration en un certain nombre d'autres de ses composés chimiques (et notamment en ions magnésium) continue d'augmenter. Il est donc important d'évacuer les saumures des cristallisoirs lorsqu'elles atteignent une certaine concentration, afin de maintenir la qualité du sel produit. Ce travail de contrôle est effectué par les sauniers à l'aide d'un densimètre et les saumures trop concentrées évacuées par l'ouverture d'un ouvrage hydraulique (par exemple une porte martelière).

#### L'utilisation des réserves

Le processus de concentration de l'eau de mer sur les partènements jusqu'à la saturation est un processus long : les alimentations en eau de mer des partènements commencent en mars et les premières saumures saturées en provenance de ses eaux arrivent en juin/juillet. Pour alimenter en attendant les tables en saumures saturées, des réserves de saumures ont été constituées en année N-1:

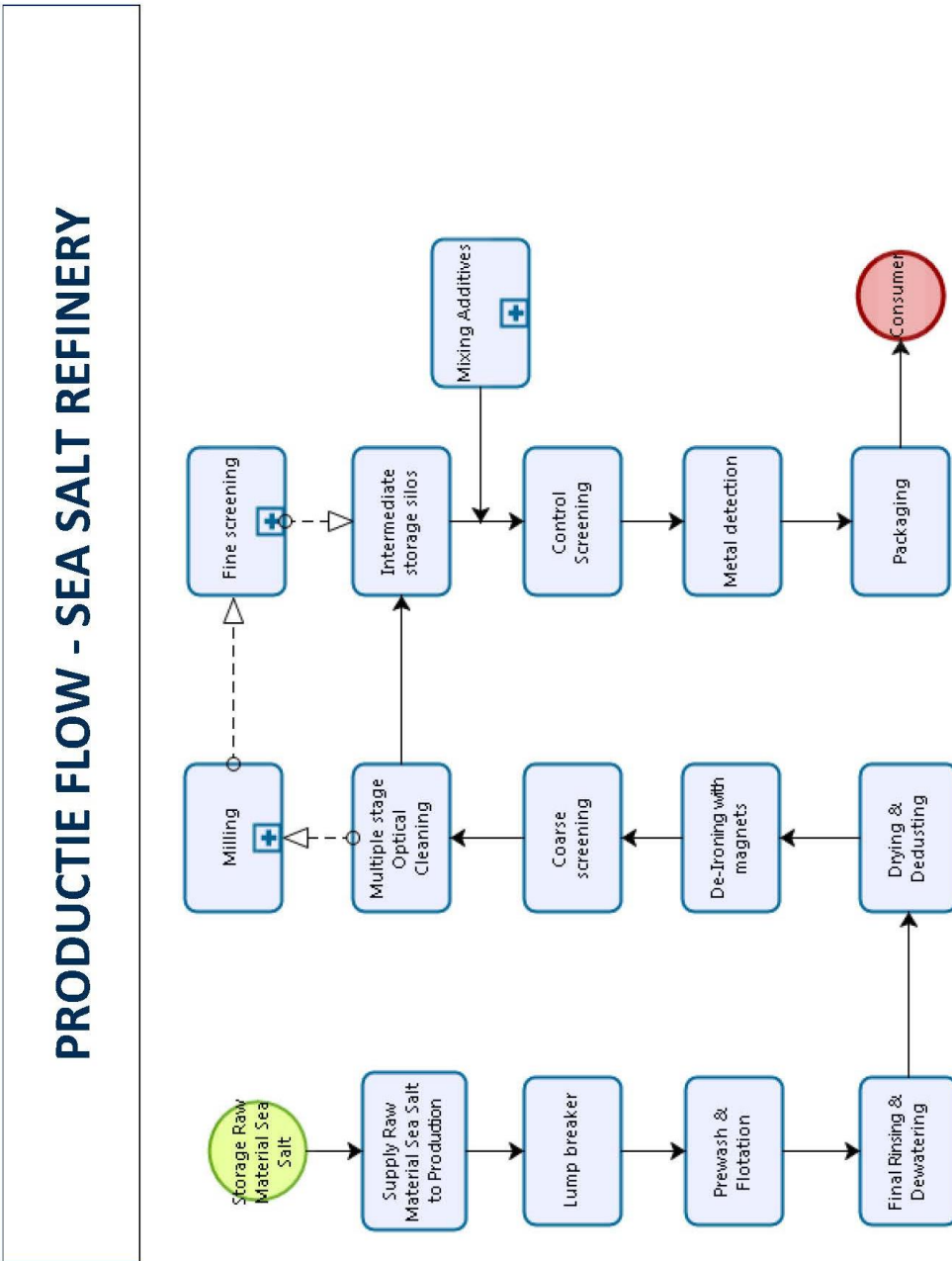
- des réserves de saumure saturée qui servent à alimenter les tables salantes (ces réserves sont stockées dans des bassins dédiés près des tables salantes),

- des réserves de saumure de concentration inférieure qui servent à redémarrer plus vite le processus de concentration sur les partènements (ces saumures sont stockées sur les partènements).

Pour stocker les réserves de saumures saturées, les bassins les plus profonds sont utilisés afin de limiter au maximum la dilution des saumures liées aux pertes hivernales. Ces bassins des réserves sont le plus souvent situés à proximité des tables salantes.

#### Récolte et lavage

Une fois que le « gâteau » a atteint une épaisseur suffisante, la récolte est réalisée avant la période de dégradation météorologique hivernale (pluies). La récolte du sel est mécanique, aux moyens de matériels agricoles spécifiques (récolteurs...) qui prélèvent le gâteau pour être acheminé au lieu de stockage. Le sel y est acheminé par des camions. Ces camions déversent le sel dans une trémie qui alimente un transport hydraulique permettant le lavage du sel par contact avec de la saumure. Le but principal du lavage est de restituer la blancheur du gâteau de sel qui a pu être mélangé à des insolubles (sable, petits fragments de coquillages) lors de l'opération de récolte.



**ILVO**

Institute for Agricultural  
and Fisheries Research