

Idrocarburi Clorurati

Gli idrocarburi clorurati (detti anche solventi clorurati o organoclorurati), sono composti di sintesi derivanti da idrocarburi con l'aggiunta di un alogeno quale il cloro (Cl). Tali sostanze sono quindi costituite da atomi di carbonio, idrogeno e cloro.

Gli idrocarburi alifatici (a catena aperta) capostipiti si suddividono in due categorie principali: gli *alcani* (o paraffine) e gli *alcheni* (o olefine). I primi, la cui formula di struttura generica è C_nH_{2n+2} , sono caratterizzati dalla presenza di legami covalenti semplici fra atomi di carbonio (e sono chiamati per questo "*saturi*") mentre i secondi, la cui formula di struttura generica è C_nH_{2n} , sono caratterizzati dalla presenza di doppi legami (e per questo sono detti "*insaturi*").

Gli alcani e gli alcheni clorurati sono discendenti dai rispettivi alcani o alcheni per sostituzione di uno o più atomi di Idrogeno con Cloro. Tra gli alcani clorurati ricordiamo l'1,1,1 e l'1,1,2-Tricloroetano e l'1,1 e l'1,2-Dicloroetano, i quali, degradandosi in molecole più semplici, tramite una successiva dechlorinazione, danno luogo ad Etano. Tra gli alcheni ricordiamo invece il Tetracloroetilene, detto anche Percloroetilene (PCE) ed il Tricloroetilene (TCE), volgarmente meglio noto con il nome di Trielina, i quali, degradandosi in elementi meno clorurati, portano alla formazione di trans-1,2 Dicloroetilene e cis-1,2 Dicloroetilene (1,2DCE), 1,1 Dicloroetilene (1,1DCE), Cloroetilene o Cloruro di Etilene o Cloruro di Vinile (il CVM appunto) ed infine Etilene, l'idrocarburo alcheno capostipite.

In genere gli organo-clorurati hanno una particolare *stabilità* che gli conferisce una notevole persistenza nel mezzo poroso acquifero. Tale proprietà è una caratteristica indotta dal legame Carbonio-Cloro; la presenza del cloro, infatti, riduce notevolmente la reattività degli altri legami presenti nelle molecole organiche e diminuisce notevolmente la biodegradabilità ed il potenziale di attenuazione naturale. Questo fa sì che, una volta penetrati nell'ambiente, gli idrocarburi alogenati vengano degradati con estrema difficoltà con il conseguente loro accumulo nell'ambiente stesso. Ciò è ancora più aggravato dal fatto che la maggior parte di essi risultano *idrofobi*, cioè non si sciolgono facilmente in acqua, ma diventano solubili solo se immersi in mezzi idrocarburo-simili come oli o tessuti adiposi (lipofilia). Anche se comunque poco solubili, la loro bassa solubilità è tale da essere assai maggiore del limite di tossicità, per cui sono inquinanti assai pericolosi per i potenziali recettori.

Gli alcheni e gli alcani sono elementi *volatili* in vario grado; altre importanti caratteristiche sono la *elevata densità*, che risulta essere molte volte maggiore di quella dell'acqua, e bassa viscosità (inferiore a quella dell'acqua); essendo poco miscibili con essa, vanno pertanto a depositarsi nelle porzioni più basse dell'acquifero come fluidi a sé (NAPL). Un inquinante più denso dell'acqua, oltre a spostarsi lateralmente, tende infatti a sprofondare verso la base dell'acquifero, andando a riempire le depressioni eventualmente presenti o, comunque, defluendo nel senso del gradiente morfologico del fondo e non nella direzione del flusso idrico. Tali composti rientrano infatti in quel gruppo di elementi definiti dalla letteratura **DNAPLs** (Dense Non Aqueous Phase Liquids). Peraltro il CVM ha una densità leggermente inferiore a quella dell'acqua (0.91 g/cm³).

In figura 1 sono riportate le formule di struttura di alcuni Organo Alogenati.

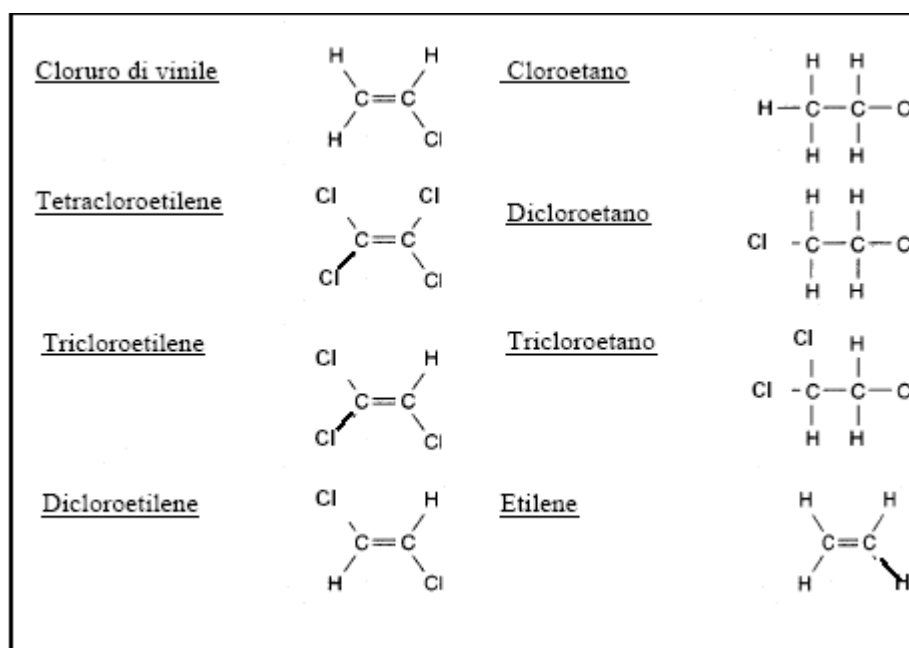


Fig. 1: formule di struttura di alcuni Organo Clorurati

Per le caratteristiche sopra elencate, e per il loro modo di occupare pervasivamente l'acquifero, rendono particolarmente difficile un loro eventuale disinquinamento.

I solventi clorurati sono soggetti, come tutti i composti che si vengono a trovare a contatto con il mezzo poroso, alla naturale degradazione microbica in un ambiente sia aerobico (caso delle falde libere) o anaerobico (caso delle falde confinate).

Il principale meccanismo di biodegradazione anaerobica è infatti l'idrodealogenazione (o dealogenazione riduttiva), ovvero la sostituzione degli atomi di cloro con atomi di idrogeno (H); in tal processo, a differenza delle condizioni aerobiche, la molecola di inquinante si riduce costituendo l'elettroaccettore. La conseguenza è la trasformazione dei solventi più complessi come il PCE, il TCE e l'1,1,1-TCA in composti semplici quali il DCE, il Cloroetilene e il Cloroetano. Il Tetracloroetilene (C_2Cl_4), ad esempio, può essere idrogenato a Tricloroetilene (C_2HCl_3) che a sua volta può essere degradato formando Dicloroetilene ($C_2H_2Cl_2$), cloroetilene (C_2H_3Cl) ed infine etilene (C_2H_4) attraverso un percorso riduttivo che viene schematizzato in figura 2.

DEGRADAZIONE DEL PCE/TCE

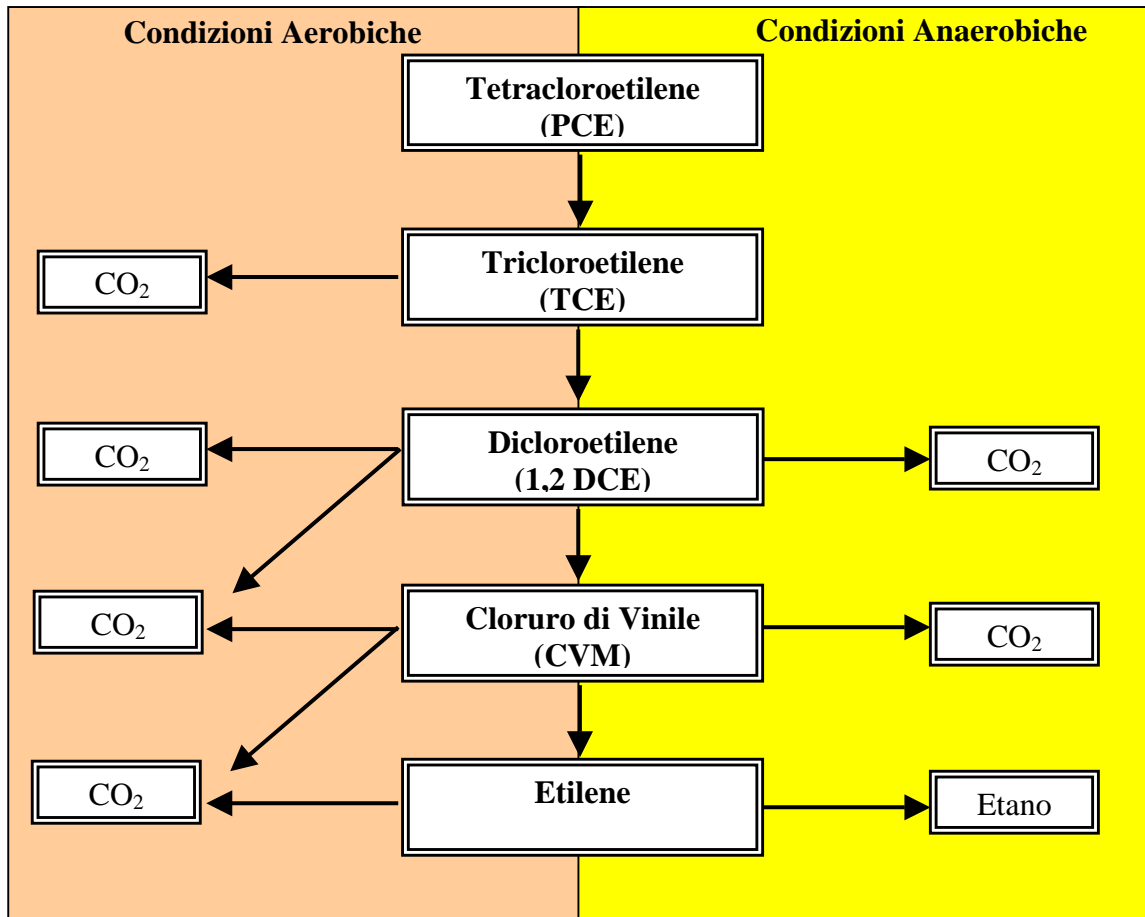


Fig. 2: catena di degradazione degli alcheni clorurati

In condizioni metanogeniche, inoltre, il doppio legame (C = C) nell'etilene (C₂Cl₄) può essere ridotto in legame singolo (C - C), portando all'etano (C₂Cl₆).

La conoscenza di tali catene di degradazione è essenziale per determinare lo spettro delle sostanze da ricercare, nell'ipotesi che il CVM sia prodotto di una degradazione di "progenitori" precursori maggiormente clorurati. Ad esempio è noto che il Tricloroetilene ed il Cloroetilene sono presenti in percolati di discariche; quest'ultimo si può formare come degradazione del primo a seguito di processi degradativi in anaerobiosi.